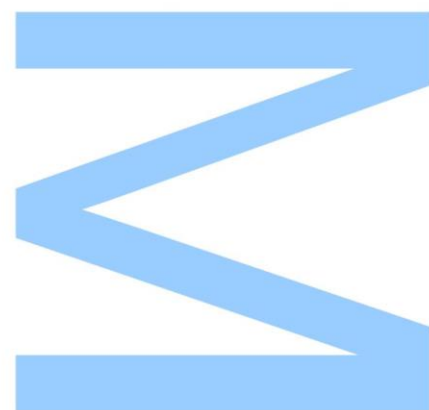


Estudo de Inclusões fluidas em filões de Ba-F-Zn-Pb da mina Juanita (Serra da Collserola, Barcelona)



Cátia Alexandra Araújo dos Santos

Mestrado em Geologia

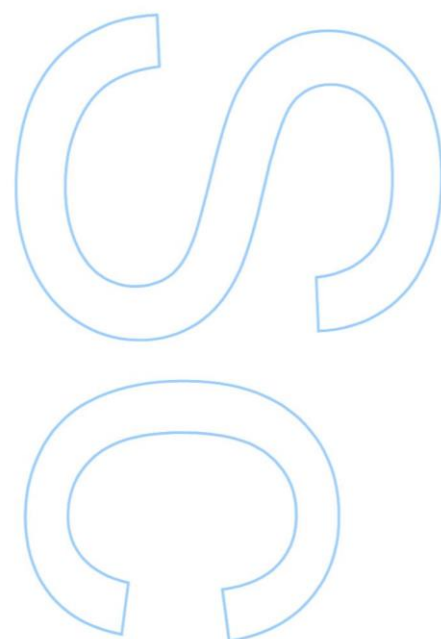
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2015

Orientador

Fernando Manuel Pereira de Noronha, Professor Catedrático, Faculdade
de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Maria Alexandra de Mascarenhas Guedes, Professora Auxiliar
Convidado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

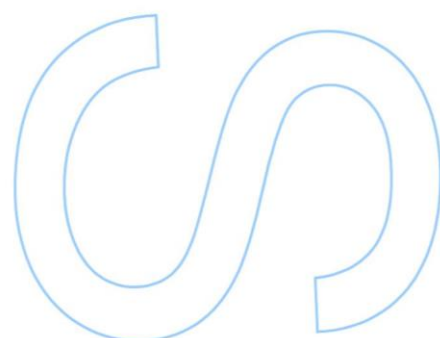
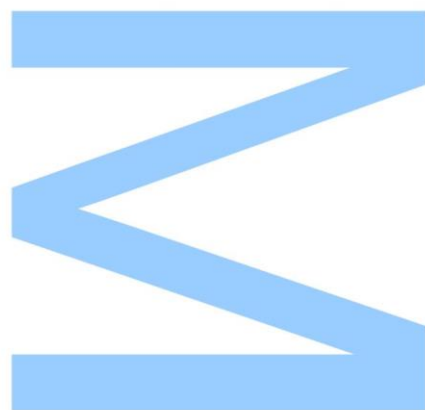




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles envolvidos na realização deste trabalho e igualmente a todos os que me acompanharam ao longo de todo o percurso académico que com este trabalho se conclui.

Ao Professor Fernando Manuel Pereira de Noronha que através dos seus contactos profissionais possibilitou a realização deste estágio na Universidade Autónoma de Barcelona e agradecer também pela orientação e disponibilidade que por vezes foram necessários.

À Professora Maria Alexandra de Mascarenhas Guedes que meses antes de acabar o primeiro ano letivo do mestrado já nos ajudava incessantemente na procura de um estágio ao abrigo do programa Erasmus +. É de agradecer todo o apoio, orientação, ensinamentos e total disponibilidade durante toda a realização deste trabalho.

Ao Professor Esteve Cardellach López pela sua disponibilidade em nos receber na sua instituição de ensino e nos proporcionar este estágio sempre com a sua orientação, colaboração e ensinamentos, mesmo com o “Portunhol” á mistura.

Aos meus amigos que contribuem sempre com todo o apoio e amizade para enfrentar qualquer desafio e também aqueles que tive o gosto de conhecer durante a realização do estágio em Barcelona e que tornaram aqueles quatro meses numa experiência para nunca esquecer.

Por fim mas com um sentimento especial, à minha família por me proporcionarem a realização desta etapa com todo o seu apoio e carinho e que tanta importância tiveram e continuarão a ter na minha vida pessoal, académica e profissional.

Resumo

Um grande número de filões mineralizados são encontrados nas Cordilheiras Costeiras Catalãs (CCC), no NE de Espanha. Estes são compostos maioritariamente por barite, fluorite e sulfuretos metálicos (Pb, Zn, Ni, Co, Ag). Estes filões estão encaixados em rochas de idade Paleozóica, afetadas tanto pela Orogenia Varisca, como pela Alpina. As mineralizações filonianas presentes nesta área ocorrem como consequência de eventos hidrotermais, que se caracterizam pela percolação de fluidos de baixa temperatura nas fraturas e falhas extensivas formadas por diversos eventos tectónicos sobretudo, durante o Mesozóico (Canals *et al.*, 1992; Canals & Cardellach, 1993) e parte do Cenozóico (Calvet *et al.*, 1996; Travé & Calvet, 2001). Contudo, cada mineralização é distinta pelas suas condições específicas de formação e paragénese, tendo em conta a existência de eventos tectónicos diferentes e da percolação de fluidos com origens e composições químicas igualmente distintas.

A mina Juanita, localizada no SW das Cordilheiras Costeiras Catalãs (CCC), consiste num jazigo filoniano de Ba-F-Zn-Pb encaixada em rochas do Paleozóico. Esta apresenta características morfológicas e mineralógicas semelhantes a inúmeras minas do Sistema Varisco Europeu e é através desta similaridade que se pensa que na mina Juanita existe igualmente um depósito hidrotermal de baixa temperatura, tal como se verifica com as minas presentes nas CCC. Este depósito é o resultado da precipitação de metais a partir de fluidos que circulam pelas fraturas formadas durante o Mesozóico. Sinais de deformação frágil nos minerais da mina, mostram períodos de reativação destas fraturas, provavelmente, como resultado da orogenia Alpina ou durante o Neogénico aquando do fecho do Mar Mediterrâneo (Guerrero, 2014).

O estudo de inclusões fluidas realizado em fluorite proveniente do depósito hidrotermal de Ba-F-Zn-Pb da mina Juanita, possibilitou concluir que existiram dois fluidos envolvidos no hidrotermalismo responsável pelas mineralizações. Tal como se verifica nos restantes jazigos da zona, é também nestes evidente o envolvimento de fluidos de baixa temperatura, com temperatura de homogeneização média de 104,5°C e temperatura de fusão do gelo média de -21,9°C, isto é, um fluido de baixa temperatura e salino.

Palavras-Chave: Cordilheiras Costeiras Catalãs, fluorite, Inclusões fluidas, fluidos hidrotermais.

Abstract

A large number of mineralized veins are found in the Catalan Coastal Ranges (CCR), in the NE of Spain. These have, between them, a space-time relation of geological formation and are mainly composed by barite, fluorite and base metal sulfides (Pb, Zn, Ni, Co, Ag). These veins are hosted in Paleozoic age rocks, affected both by the Variscan and Alpine orogeny. The vein mineralized structures present in this area, occur as a consequence of hydrothermal events which are characterized by the percolation of low-temperature fluids in the fractures and faults formed by several tectonic events mostly during Mesozoic (Canals *et al.*, 1992; Canals & Cardellach, 1993) and part of Cenozoic (Calvet *et al.*, 1996; Travé & Calvet, 2001). Nevertheless, each mineralization type is distinct in its specific conditions of formation and paragenesis, regarding the existence of different tectonic events and the percolation of fluids with different origins and chemical compositions equally different.

Juanita mine is a vein deposit of Ba-F-Zn-Pb, localized in the SW of CCR, enclosed in Paleozoic rocks. The vein present morphological and mineralogical characteristics similar to numerous mines in the European Variscan System and through this similarity that Juanita mine is also thought as a low-temperature hydrothermal deposit, as seen in the other mines present in CCR. This deposit is the result of the precipitation of metals from fluids that circulate through fractures formed during the Mesozoic. Strain signs in mine minerals show periods of reactivation of these fractures, probably as a result of the Alpine orogeny or during the Neogene at the opening of the Mediterranean Sea (Guerrero, 2014).

The study of fluid inclusions held in fluorite from the hydrothermal deposit of Ba-F-Zn-Pb in Juanita mine led us to conclude that there were two fluids involved in this mineral formation. As is the case in the remaining deposits of the area, it is also evident here the involvement of low-temperature fluids, with average homogenization temperatures of 104.5°C and average ice melting temperatures of -21.9°C.

Key-Words: Catalan Coastal Ranges, fluorite, Fluid inclusions, hydrothermal fluids.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL -CORDILHEIRA COSTEIRA CATALÃ	2
2.1 Mineralizações das Cordilheiras Costeiras Catalãs	6
3. CONTEXTO GEOLÓGICO DA MINA JUANITA	7
4. MINERALOGIA.....	9
4.1. Paragénese mineral.....	12
5. ESTUDO DAS INCLUSÕES FLUIDAS	13
5.1. Amostragem e preparação de amostras	14
5.2. Análise petrográfica de inclusões fluidas	15
5.3. Composição das Inclusões Fluidas.....	16
5.4. Classificação de origem das IF	17
5.5. Microtermometria.....	18
6. ESTUDO MICROTERMOMÉTRICO	20
6.1. Resultados	22
7. DISCUSSÃO	29

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 31

Lista de Figuras

FIGURA 1 - IMAGEM CANTO SUPERIOR ESQUERDO: IMAGEM DE SATÉLITE DA PENÍNSULA IBÉRICA. IMAGEM PRINCIPAL: MAPA GEOLÓGICO DA CCR E PIRENÉUS ORIENTAL. LOSANTOS <i>ET AL.</i> (1989). BACIA <i>OFFSHORE</i> DE NE PARA SW: BACIA SANT FELIU; BACIA BARCELONA; VALE DE TARRAGONA. JUEZ-LARRÉ & ANDRIESSEN (2006).	2
FIGURA 2 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO NORDESTE DO MEDITERRÂNEO. JUEZ-LARRÉ (2006)	4
FIGURA 3- ESBOÇO GEOLÓGICO DAS CCC. JULIVERT & DURÁN (1990)	5
FIGURA 4 - ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DAS MINAS JUANITA E BERTA. GUERRERO (2014) <i>IN</i> CARDELLACH <i>ET AL.</i> (2002)	7
FIGURA 5- FILONETES DE CALCITE (CA) E ESFALERITE (ESF) NA ROCHA ENCAIXANTE (CORNEANA, CORN). GUERRERO (2014).	9
FIGURA 6 - ESFALERITE OBSERVADA A MICROSCÓPIO PETROGRÁFICO DE LUZ TRANSMITIDA (10X); CRISTAIS EUÉDRICOS COM EVIDÊNCIAS DE ZONAMENTO. GUERRERO (2014)	10
FIGURA 7 - ESFALERITE OBSERVADA AO MICROSCÓPIO PETROGRÁFICO DE LUZ TRANSMITIDA (10X); CRISTAIS DE ESFALERITE FRATURADOS, ONDE SE ENCONTRAM PRECIPITADOS CALCITE (CA) E GALENA (GA) E QUARTZO (QTZ). GUERRERO (2014)	10
FIGURA 8 - FILÃO DECIMÉTRICO DE GALENA (GA), ESFALERITE (ESF), BARITE (BA) E CORNEANA (CORN). GUERRERO (2014).	10
FIGURA 9 - GALENA OBSERVADO AO MICROSCÓPIO PETROGRÁFICO DE LUZ REFLETIDA (10X); GALENA (GAL) PRECIPITADA NUMA FRATURA EM ESFALERITE MASSIVA (ESF); ENVOLVIDO POR FRAGMENTOS DE CORNEANA (CORN - ROCHA ENCAIXANTE). GUERRERO (2014).	10
FIGURA 10- AMOSTRA DE MÃO DE CALCITE (CA) E FLUORITE (F). GUERRERO (2014).	11
FIGURA 11 - CALCITE OBSERVADA AO MICROSCÓPIO , ATRAVÉS DE LUZ TRANSMITIDA E NICÓIS CRUZADOS; A CALCITE (CAL) ENCONTRA-SE PRECIPITADA NUMA FRATURA DA ESFALERITE (ESF), ONDE SE ENCONTRA TAMBÉM GALENA (GAL) E FRAGMENTOS DA ROCHA ENCAIXANTE (CORN). GUERRERO (2014).	11
FIGURA 12 - LÂMINA DELGADA DE UMA AMOSTRA DE FLUORITE. GUERRERO (2014)	11
FIGURA 13 – FOTOGRAFIA AO MICROSCÓPIO DE LUZ TRANSMITIDA DE UMA SECÇÃO FLUORITE MASSIVA DE TAMANHO CENTIMÉTRICO (2X). GUERRERO (2014)	11
FIGURA 14 - AMOSTRA DE MÃO ONDE PODE OBSERVAR-SE A BARITE. GUERRERO (2014)	11
FIGURA 15- OBSERVAÇÃO EM LÂMINA DELGADA DE UMA FRATURA CENTIMÉTRICA ENTRE A ESFALERITE (ESF) E A GALENA (GAL), ONDE SE PRECIPITARAM CRISTAIS TABULARES DE BARITE (BA) E ALGUNS CRISTAIS DE CALCITE (CA). GUERRERO (2014)	11
FIGURA 16 – PARAGÉNESE PRIMÁRIA DA MINERALIZAÇÃO DO FILÃO DE MINA JUANITA. GUERRERO (2014).	12

FIGURA 17- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MOMENTO DE APRISIONAMENTO DAS INCLUSÕES FLUIDAS (BODNAR, 2003)	17
FIGURA 18 – ESQ.: LÂMINA ESPESSA POLIDA DE FLUORITE. DIR.: LÂMINA ESPESSA DE FLUORITE DIVIDIDA EM PEQUENOS FRAGMENTOS PARA O ESTUDO MICROTERMOMÉTRICO.	20
FIGURA 19 - MICROSCÓPIO PETROGRÁFICO NIKON LABOPHOT-2 POL DE LUZ TRANSMITIDA EQUIPADO COM PLATINA LINKHAM THSM-600.	21
FIGURA 20 – ASPETO DAS INCLUSÕES FLUIDAS OBSERVADAS AO MICROSCÓPIO ÓTICO DE LUZ TRANSMITIDA. A: IF A TEMPERATURAS NEGATIVAS PRÓXIMAS DO PONTO EUTÉCTICO; B: IF A TEMPERATURAS PRÓXIMAS DO PONTO DE FUSÃO DO GELO C: IF À TEMPERATURA AMBIENTE; D: IF A TEMPERATURAS PRÓXIMAS DA HOMOGENEIZAÇÃO.	24
FIGURA 21 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DAS TEMPERATURAS DE FUSÃO DO GELO OBSERVADAS EM MICROTERMOMETRIA DE INCLUSÕES FLUIDAS PRESENTES NA FLUORITE DA MINA JUANITA.	25
FIGURA 22 - HISTOGRAMA DAS TEMPERATURAS DE FUSÃO DE HIDROHALITE OBSERVADAS EM MICROTERMOMETRIA DE INCLUSÕES FLUIDAS EM FLUORITE DA MINA JUANITA.	25
FIGURA 23 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA DE HOMOGENEIZAÇÃO OBSERVADAS EM MICROTERMOMETRIA DE INCLUSÕES FLUIDAS EM FLUORITE DA MINA JUANITA.	26
FIGURA 24 - HISTOGRAMA DAS TEMPERATURAS DO PONTO EUTÉCTICO RECOLHIDAS EM MICROTERMOMETRIA DE INCLUSÕES FLUIDAS.	26
FIGURA 25 - TEMPERATURA DE HOMOGENEIZAÇÃO GLOBAL (Th) VS TEMPERATURA DE FUSÃO DO GELO (Tm) EM INCLUSÕES FLUIDAS PRESENTES EM FLUORITE DA MINA JUANITA.	27
FIGURA 26 - DIAGRAMA DE ISÓCORAS. CAMPO DE TEMPERATURAS DEFINIDO POR CARDELLACH <i>ET AL.</i> (1990); CAMPO DE TEMPERATURAS DA AMOSTRA DE FLUORITE ESTUDADA.	28
FIGURA 27 - DIAGRAMA DE TEMPERATURAS DE FUSÃO DO GELO (Tm) VERSUS TEMPERATURA DE HOMOGENEIZAÇÃO (Th) DAS INCLUSÕES FLUIDAS. CANALS E CARDELLACH (1996).	28

Lista de tabelas

Tabela 1: Rampa de aquecimento utilizada na criometria para a visualização das mudanças de fase nas inclusões fluidas. _____21

Tabela 2: Dados recolhidos nas 67 medições efetuadas em microtermometria. _____22

Lista de abreviaturas

Ag- Prata

AlF- A5.3.ssociações de inclusões fluidas

Ba- Bário

CCC- Cordilheiras Costeiras Catalãs

CCR- Catalan Coastal Ranges

CIC- Cadeia Intraplaca Catalã

Co- Cobalto

dT- Correção da temperatura devido à pressão que existia no momento de aprisionamento.

E- Este

F- Fluorite

IF-Inclusões fluidas

Km- Quilómetro

L+V- Líquido + vapor

mW/m²- mili-watts por metro quadrado

NE- Nordeste

Ni- Níquel

NW- Noroeste

P-T- Pressão e temperatura

PVT- Pressão, volume específico e temperatura

Pa- Pressão de aprisionamento

Pb- Chumbo

Rb- Rubídio

SE- Sudeste

SEM- Scanning Electron Microscopy – Microscópio Eletrónico de Varrimento

SW- Sudoeste

Ta- Temperatura de aprisionamento

Th- Temperatura de homogeneização global

Th-l- Temperatura de homogeneização em líquido

Tm- Temperatura de fusão

TmH- Temperatura de fusão de hidrohalite

Tml- Temperatura de fusão do gelo

Zn- Zinco

µm- micrómetro

°C/Km- graus celsius por quilómetro

1.Introdução

No âmbito do estágio curricular realizado na Universidade Autónoma de Barcelona, ao abrigo do programa Erasmus + Placement, foi escolhido como caso de estudo as mineralizações de Ba-F-Zn-Pb da mina Juanita. A mina localiza-se na Serra Collserola, a noroeste da cidade de Barcelona, no NE de Espanha, pertencendo às importantes Cordilheiras Costeiras Catalãs.

Estudos mostram que os filões destes jazigos, encaixados no soco Paleozoico das presentes cordilheiras, têm uma composição mineralógica que consiste essencialmente de barite, fluorite e sulfuretos metálicos (Pb, Zn, Ni, Co, Ag...) e que na sua maioria são depósitos hidrotermais de baixa temperatura, envolvendo a percolação de fluidos salinos em fraturas. Foi através do estudo dos filões das CCC que foi possível descobrir a existência de importantes processos de circulação de fluidos na área e reconhecer diferentes episódios hidrotermais, caracterizados por diferentes condições de composição, temperatura e origem.

A atividade hidrotermal nesta área teve lugar durante épocas distintas, tendo em conta as relações paragenéticas, associadas no tempo a fluidos com temperatura, composição química e características isotópicas diferentes. É provável, que exista uma relação entre os períodos mais importantes de *rifting* que afetaram as Cordilheiras Costeiras Catalãs, e a circulação de fluidos a grande escala provocada pelo aumento no gradiente geotérmico que os acompanha (Canals & Cardellach, 1996).

Como objetivo foi realizado um estudo microtermométrico de inclusões fluidas presentes em fluorite da referida mina, na Universidade Autónoma de Barcelona orientada por o Professor Esteve Cardellach. Este trabalho, foi efetuado dando continuidade de um trabalho de final de curso sobre a mineralização e cartografia dos filões mineralizados desta mina, e a interpretação do mesmo jazigo no Sistema Varisco, realizado por Guerrero (2014).

2. Contexto Geológico Regional -Cordilheira Costeira Catalã

As Cordilheiras Costeiras Catalãs (CCC) formam parte do nordeste da margem Ibérica Mediterrânica. Esta marca a zona de transição entre a espessa crusta dos Pirenéus e da Bacia do Ebro (32 a 40 Km), e a crusta continental adelgadaada do Vale *offshore* de Valencia (8 Km) (Juez-Larré & Andriessen, 2006).

As litologias presentes na área das CCC são as pertencentes a um soco Hercínico a que se sobrepõem formações do Mesozóico e do Cenozóico (Fig. 1). Dados estratigráficos e tectónicos encontram-se melhor descritos para o Hercínico. Contudo, a sobreposição das consecutivas fases tectónicas, desde o Mesozóico até ao Oligocénico, e a importante distensão no final do Miocénico, erosão e afundamento, torna difícil perceber a história geológica completa (Juez-Larré & Andriessen, 2006).

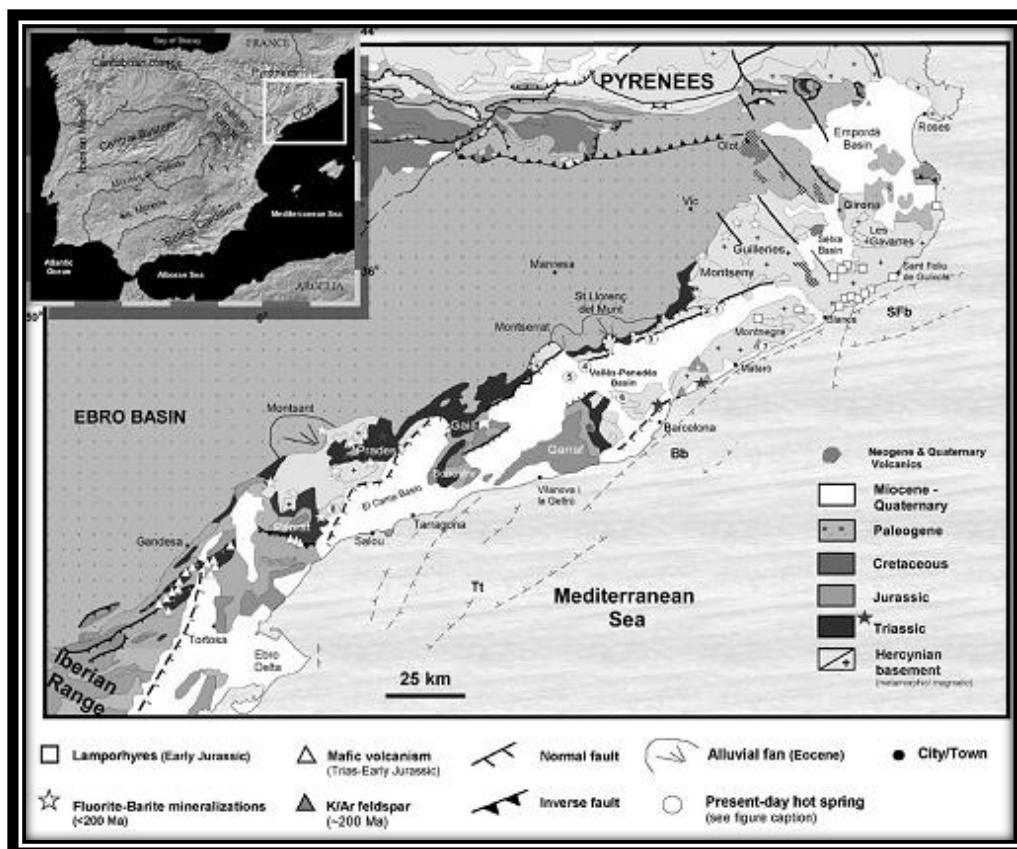
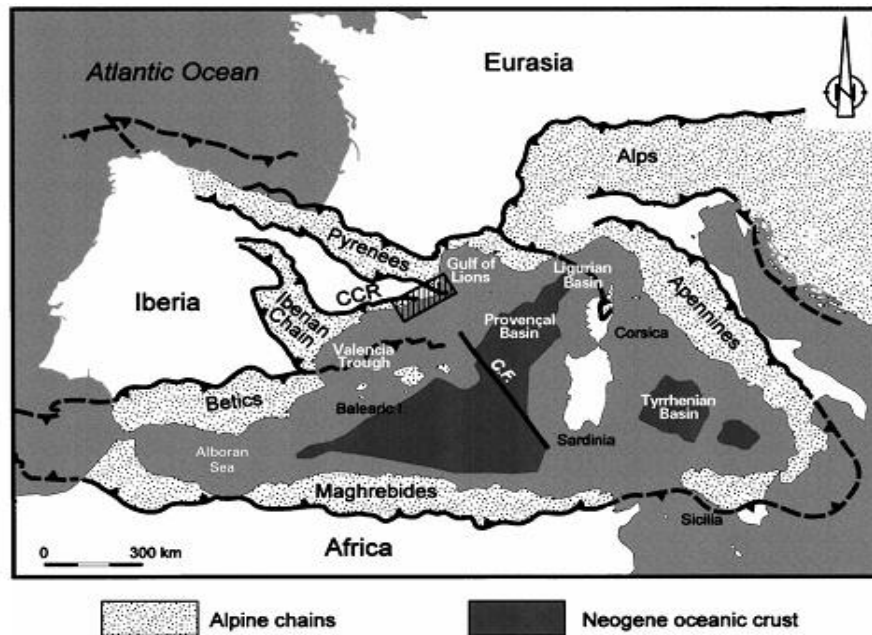


Figura 1 - Imagem canto superior esquerdo: Imagem de satélite da Península Ibérica. Imagem principal: Mapa geológico das CCC e Pirenéus oriental. Losantos *et al.* (1989). Bacia *offshore* de NE para SW: Bacia Sant Feliu; Bacia Barcelona; Vale de Tarragona. Juez-Larré & Andriessen (2006).

As CCC são definidas como um sistema de falhas e cavalgamentos, *thrust-and-fold* do Paleogénico, formado maioritariamente, por uma base longitudinal envolvendo movimentos inversos, que se compartimentaram em dois *horsts* principais (Faixa Litoral e Pré-litoral) e vários *grabens* durante a abertura do Vale de Valência (Oligocénico superior-Miocénico) (Roca *et al.*, 1999). A complexidade estrutural e magmática das Cordilheiras Costeiras Catalãs é resultado dos movimentos relativos que tiveram lugar entre as placas Africana, Ibérica e Eurásia, a partir do Mesozóico (Srivastava *et al.*, 1990 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). Desde o Pérmico superior, e durante os tempos Mesozóicos, duas grandes fases de *rifting* foram reportadas no nordeste da Ibéria (Salas *et al.*, 2001 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). A primeira fase (Triássico-Jurássico Inferior) está relacionada com a abertura e expansão ocidental do Neotethys, com uma fase tardia relacionada com o sistema rift-fossa do Atlântico. A segunda fase (Jurássico superior- Cretácico Inferior) corresponde ao fenómeno de abertura do Oceano Atlântico Central. A abertura do Atlântico Norte, durante o Cretácico inferior, resultou na rotação da Ibéria, no sentido anti-horário (35°), juntamente com a África, em relação à Eurásia (Ziegler *et al.*, 2001 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006), que abrandou durante o Cretácico superior, devido à colisão com a placa Eurásia, dentro do contexto da orogenia Alpina. A compressão entre as placas Ibérica-Eurásia resultou na acumulação de forças compressivas intraplacas do Paleogénico. Isto, induziu uma inversão das Bacias Mesozoicas na Placa Ibérica, dando origem aos Pirenéus, à Faixa Ibérica, à Cadeia Intraplaca Catalã (CIC) e ao Sistema Central Espanhol (Cloetingh *et al.*, 2002 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). A colisão final da Placa Ibérica com a Placa Euroasiática, durante o Miocénico, levou à substituição da zona de convergência entre a África e a Eurásia, da fronteira entre placas Eurasiática-Ibérica para a fronteira entre as placas Ibérica-Africana, marcando o início da orogenia Bética (Roest & Srivastava, 1991 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). Um período de extensão contemporâneo teve lugar no Mediterrâneo Ocidental, durante o Oligocénico Superior- Miocénico. Este evento, de *rifting* neogénico, foi responsável pela abertura do Vale de Valência, Provençal e Bacias Ligurian (Roca *et al.*, 1999 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006) (Fig.2).



Camp e Vallès-Penedès) e as bacias de rift *offshore* (Sant Feliu, Barcelona e Tarragona), (Fig. 1) (Juez-Larré & Andriessen, 2006). O preenchimento da bacia deste *graben* consiste em depósitos aluvionares marinhos pouco profundos, do Oligocénico superior até ao presente, com espessura de 2 a 3 km (Roca *et al.*, 1999 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). Grandes quantidades de sedimentos do Pliocénico-Quaternário cobrem as Bacia de Barcelona e El Camp. As cordilheiras transversais no nordeste das CCC, mostram uma estrutura complexa do Cenozóico, com sobreposição da faixa inversa Sul-Pirineica de idade Paleogénica e um sistema de falhas normais com tendência para NW-SE, do Neogénico (Fig. 3). Tectónica e vulcanismo do Neogénico, desde o Tortoniano (11 Ma) até ao presente, têm sido descritos para esta área (Roca *et al.*, 1999 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006).

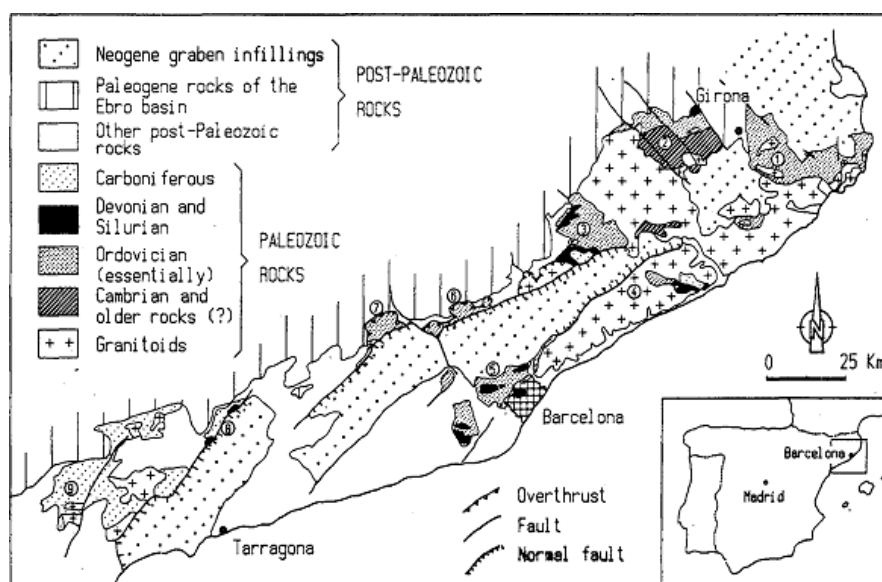


Figura 3- Esboço geológico das CCC. Julivert & Durán (1990)

Atualmente, o fluxo térmico regional na crosta superior do NE da Ibéria é de 60-90 mW/m² (Fernández *et al.*, 1998 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). No entanto, os dados de fluxo térmico à superfície mostra uma variação no comprimento de onda de 40 mW/m², e variações locais que excedem os 300-500 mW/m² (Fernández *et al.*, 1990 *in* Juez-Larré & Andriessen, 2006). Por conseguinte, o gradiente geotérmico associado é, em média, de 35° C/Km. As variações presentes nestes locais são atribuídas a processos de convecção de calor, pelo fluxo de águas subterrâneas, e à atividade vulcânica relacionada ao *rifting* intraplaca do Mediterrâneo Ocidental (Juez-Larré & Andriessen, 2006).

2.1 Mineralizações das Cordilheiras Costeiras Catalãs

Existe nas CCC, a presença de sistemas de filões de baixa temperatura. Estes filões são compostos por barite, fluorite e sulfuretos metálicos (Pb, Zn, Ni, Co, Ag,...) em proporções variáveis (Cardellach *et al.*, 1990).

Os sistemas de filões são resultado do fluxo de fluidos hidrotermais na crosta, e indicando que elevadas quantidades de fluidos foram mobilizados durante os eventos tectónicos (Walther & Orville, 1982, *in* Cardellach *et al.*, 2002). Em áreas submetidas ao adelgaçamento da crosta continental, os regimes térmicos anómalos, conjuntamente com o aumento da permeabilidade crustal, podem permitir a percolação dos fluidos em profundidade, e posteriormente, um fluxo ascendente que pode, consequentemente, dar lugar à formação de depósitos minerais (Cardellach *et al.*, 2002). As Cordilheiras Costeiras Catalãs, constituem um exemplo de uma área tectonicamente ativa, com evidências de representatividade espacial de circulação de fluidos e deposição mineral. Evidências de movimento de fluidos, durante diferentes períodos distensivos, são observáveis em forma de filões mineralizados (Ba-F-Zn-Pb) do Mesozóico (Canals *et al.*, 1992; Canals & Cardellach, 1993) e ainda como preenchimento de fraturas nos sedimentos do Cenozóico (Calvet *et al.*, 1996; Travé & Calvet, 2001 *in* Cardellach *et al.*, 2002). No entanto, algum do preenchimento de filões nas CCC, pode ter ocorrido em eventos hidrotermais sucessivos, temporalmente distintos relacionados com os períodos distensivos mais importantes (Mesozóico e Cenozóico), quando quantidades significativas de fluidos circularam através dos sistemas de falhas (Cardellach *et al.*, 2002).

3.Contexto geológico da mina Juanita

A mina Juanita encontra-se situada no flanco SE da Serra Collserola, que se ergue em frente à cidade de Barcelona, no NE de Espanha. Encontra-se, concretamente, sob o mosteiro de *Pedralbes*, entre a estrada de *Les aigües* e o monte de *Portell*, próximo da antenna de *Sant Pere Màrtir*.

A Serra forma parte da faixa litoral, que corresponde às Cordilheiras Costeiras Catalãs. (Fig.4).

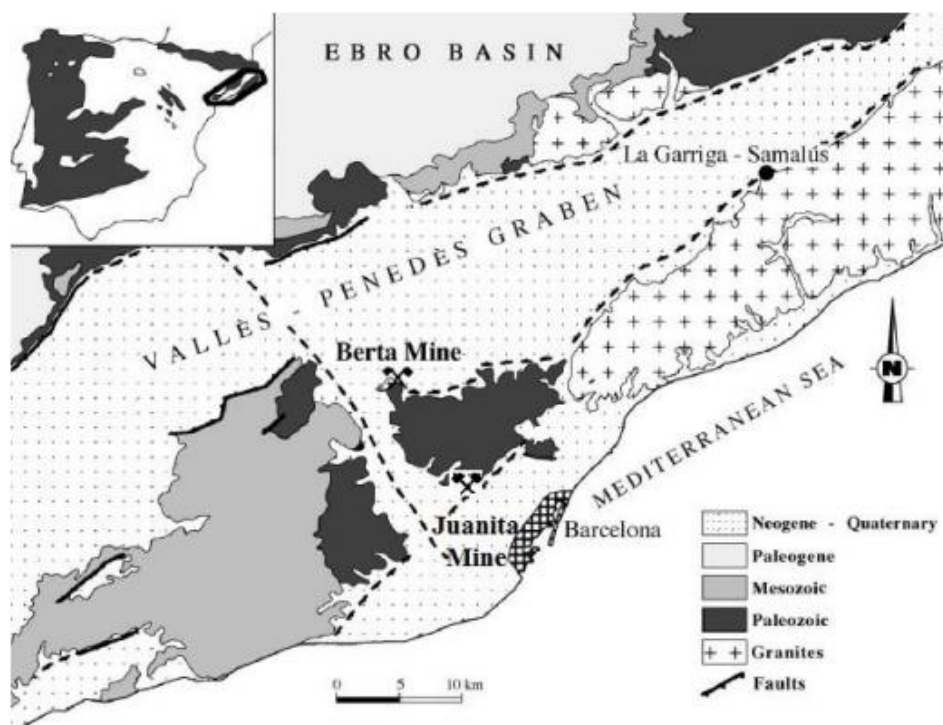


Figura 4 - Enquadramento geológico das minas **Juanita** e **Berta**. Guerrero (2014) in Cardellach et al. (2002)

Este sistema de cadeias montanhosas, paralelas ao mar, emergiram como consequência da Orogenia Alpina, formando duas cadeias de orientação NE-SW no soco Hercínico, cobertas por rochas Mesozoicas e Cenozoicas (Guerrero, 2014).

A Serra de Collserola, situa-se no bloco montanhoso (*horst*), que separa o *graben* de Vallès Penedès a NW, e a Bacia de Barcelona a SE, caracterizando-se pela

presença de afloramentos do Paleozóico. Esta Serra encontra-se delimitada a SW pelos sedimentos do rio Llobregat e a NE pelos sedimentos do rio Besos (Guerrero, 2014).

A Serra de Collserola é composta quase exclusivamente por materiais do soco Hercínico, ou seja, rochas ígneas e metamórficas de idade Paleozoica. Estes materiais Hercínicos que, nas formações do Paleozoico inferior correspondem essencialmente a lamas argilosas (Alías *et al.*, 2008), foram fortemente afetados por metamorfismo de contacto produzido pela intrusão do Granodiorito de Barcelona, há acerca de 300 Ma e que se encontra a poucos metros da mina de Juanita, a SE. Na mina, estão presentes rochas de idade Câmbria, constituídas por filitos e corneanas, intercaladas com alguns níveis de arenitos quártzicos (Guerrero, 2014).

A mina Juanita consiste num sistema de filões de Ba-F-Zn-Pb que atravessam as corneanas e filitos com orientação geral N160°. Os filões foram alvos de exploração subterrânea, segundo a sua orientação preferencial de N110° e também, a céu aberto (Guerrero, 2014).

Igualmente, presentes encontram-se filões de quartzo deformados de espessura milimétrica a centimétrica. Tais filões, possuem uma génese anterior aos filões em estudo, e relacionam-se seguramente com a Orogenia Varisca durante o final do Paleozoico (Guerrero, 2014).

4. Mineralogia

A mina Juanita é constituída por uma família de filões de alta variabilidade mineralógica, fraturados em diferentes períodos e bastante alterados quimicamente. A alteração química generalizada a toda a mina, complica a caracterização dos diferentes filões e estruturas, uma vez que a re-precipitação de uma grande variedade de minerais secundários oculta os aspetos primários. Os diferentes estádios de fraturação complicam ainda a caracterização mineralógica, já que a alteração por fluidos leva à precipitação de novos minerais, e a fraturação de todo o conjunto previamente precipitado, dificultam a reconstrução da paragénese (Loran, 2014).

Inicialmente, os minerais explorados nesta mina foram a esfalerite (ZnS) e a galena (PbS), sendo a calcite (CaCO_3), barite (BaSO_4), fluorite (CaF_2) e o quartzo (SiO_2) os principais minerais encontrados na ganga (Loran, 2014).

Além destes minerais, e em menor abundância, é possível encontrar pirite (FeS_2), calcopirite (CuFeS_2), quistolite (variedade de andaluzite que ocorre nas corneanas) e outros minerais tardios como a hidrozincolite ($\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$), melanterite ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$), hematite (Fe_2O_3), entre outros (Loran, 2014).

Guerrero (2014) descreve os minerais esfalerite, galena, calcite, barite e por fim a fluorite, encontrados no interior das galerias da mina.

A esfalerite encontra-se em filonetes centimétricos monominerálicos, de orientação e forma irregulares, ao longo da família principal de filões, (Fig.5). É da mesma forma, reportada nas margens dos filões de calcite e fluorite, encontrando-se sempre associada à galena e a outros minerais da ganga. Apresenta-se sob forma de cristais milimétricos de cor castanha escura.

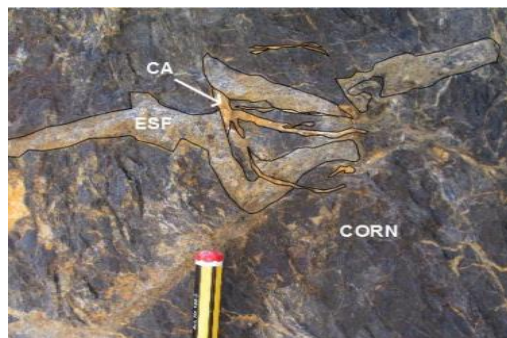


Figura 5- Filonetes de calcite (CA) e Esfalerite (ESF) na rocha encaixante (corneana, CORN). Guerrero (2014).

Em lâmina delgada, a esfalerite é observada em cristais euédricos de tamanho milimétrico a centimétrico, que apresentam um zonamento evidente (Fig.6). Os cristais mostram fraturas onde precipitaram outros minerais (galena, calcite, barite e quartzo) (Fig.7).

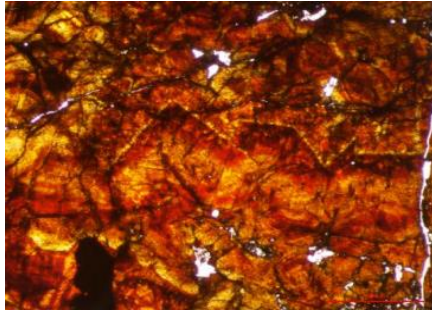


Figura 6 - Esfalerite observada a microscópio petrográfico de luz transmitida (10x); cristais euédricos com evidências de zonamento. Guerrero (2014)

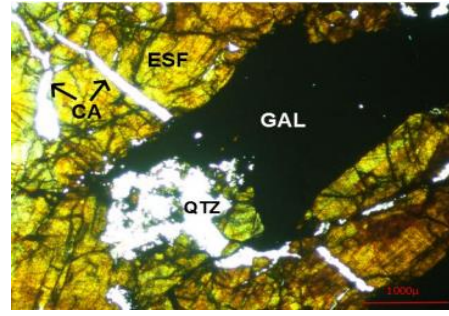


Figura 7 - Esfalerite observada ao microscópio petrográfico de luz transmitida (10x); cristais de esfalerite fraturados, onde se encontram precipitados calcite (CA) e galena (GA) e quartzo (QTZ). Guerrero (2014)

Tal como a esfalerite, é possível encontrar galena segundo a mesma orientação da família principal de filões, em filonetes centimétricos, por vezes associados a esfalerite e filões decimétricos monominerálicos (Fig. 8). Em lâmina delgada observam-se os cristais de galena precipitados em fraturas milimétricas a centimétricas (Fig.9).

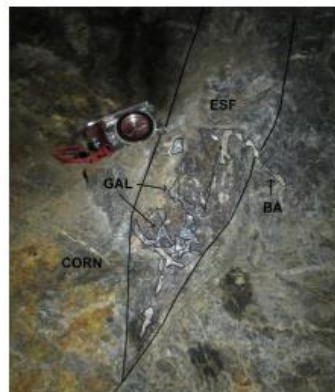


Figura 8 - Filão decimétrico de galena (GA), esfalerite (ESF), barite (BA) e corneana (CORN). Guerrero (2014).

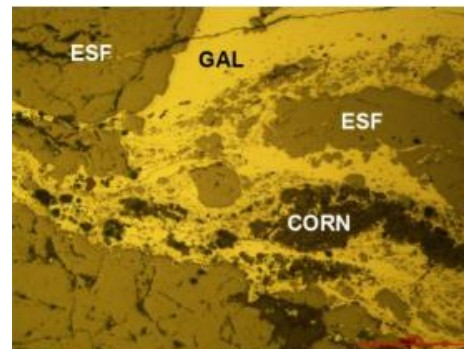


Figura 9 - Galena observado ao microscópio petrográfico de luz refletida (10x); Galena (GAL) precipitada numa fratura em esfalerite massiva (ESF); envolvido por fragmentos de corneana (CORN - rocha encaixante). Guerrero (2014).

A calcite, encontra-se presente em duas formas principais: precipitada em fraturas irregulares de tamanho milimétrico a centimétrico com orientação diversa, e em filões decimétricos seguindo a orientação de uma das galerias (galeria G3), neste caso com cristais centimétricos romboédricos. Os cristais são de cor branca (Fig.10), no entanto, está também presente nas paredes da mina calcite secundária de cor cinzenta.

Em lâmina delgada observa-se que a calcite está presente em fraturas milimétricas na esfalerite maciça que constitui o filão (Fig.11). Por vezes esta precipita em associação com barite.



Figura 10- Amostra de mão de calcite (CA) e fluorite (F). Guerrero (2014).



Figura 11 - Calcite observada ao microscópio, através de luz transmitida e nicóis cruzados; A calcite (CAL) encontra-se precipitada numa fratura da esfalerite (ESF), onde se encontra também galena (GAL) e fragmentos da rocha encaixante (CORN). Guerrero (2014).

A fluorite, encontra-se em filões decimétricos monominerálicos. Os cristais são branco azulados de tamanho centimétrico e de morfologia mal definida.

Em lâmina delgada (Fig.12) observa-se uma fraturação generalizada da amostra monominerálica de fluorite (Fig.14).



Figura 12 - Lâmina delgada de uma amostra de fluorite. Guerrero (2014)

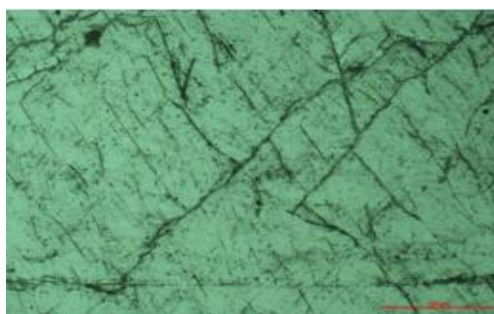


Figura 13 – Fotografia ao microscópio de luz transmitida de uma secção fluorite massiva de tamanho centimétrico (2x). Guerrero (2014)

A barite está presente em filonetes irregulares milimétricos a centimétricos (Fig.14). É possível observar cristais centimétricos tabulares de cor branca em filonetes de maiores dimensões. Em lâmina delgada, a barite encontra-se em fraturas milimétricas e centimétricas. Os cristais são prismáticos de hábito tabular (Fig. 15).



Figura 14 - Amostra de mão onde pode observar-se a barite. Guerrero (2014)

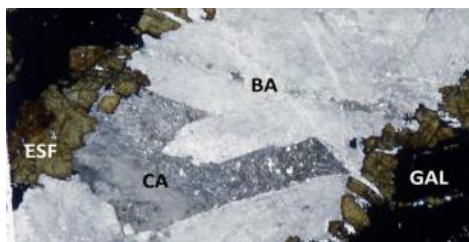


Figura 15- Observação em lâmina delgada de uma fratura centimétrica entre a esfalerite (ESF) e a galena (GAL), onde se precipitaram cristais tabulares de barite (BA) e alguns cristais de calcite (CA). Guerrero (2014)

4.1. Paragénese mineral

A paragénese primária da mineralização do filão da mina Juanita, na serra de Collserola, foi realizada por Guerrero (2014), tendo em conta as sobreposições das diferentes gerações de filões e filonetes mineralizados observados na mina. As texturas e mineralogia das diferentes amostras de rocha observadas a microscópio petrográfico, foram também utilizadas na elaboração da sequência paragenética, representada na figura 16.

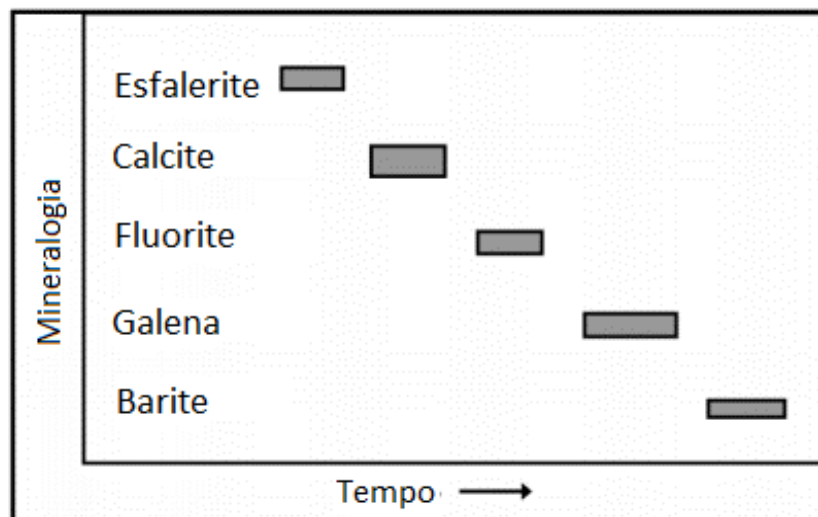


Figura 16 – Paragénese primária da mineralização do filão de mina Juanita. Guerrero (2014).

Segundo Guerrero (2014) há evidências neste jazigo da presença de dois períodos de precipitação distintos. Um primeiro período onde a esfalerite, calcite, fluorite e galena se precipitaram em fraturas presentes nas rochas Paleozoicas, e onde posteriormente foram submetidas a forças tectónicas provavelmente pela orogenia Alpina que causaram deformação nos mesmos e um período posterior, totalmente diferente evidenciado pela ausência do tipo de fraturação e deformação presente nos restantes minerais. Este último período corresponde ao período de precipitação da barite.

5. Estudo das Inclusões Fluidas

O estudo das inclusões fluidas é atualmente, um estudo de investigação com grande valor, no que se refere à origem e alteração das rochas e minerais. Baseia-se no estudo de fluidos intervenientes na génese do cristal hospedeiro e neles aprisionados (Bodnar, 2003).

Uma inclusão fluida é, num sentido amplo, referida como qualquer inclusão, que aprisionou um fluido homogéneo nas condições de temperatura e pressão de formação, independentemente, do estado de fase da inclusão, quando observado em condições de laboratório. O fluido aprisionado pode ser líquido, vapor ou um fluido supercrítico, e a sua composição, pode incluir essencialmente água pura, salmouras de salinidade variável, gases e melts (Bodnar, 2003).

O estudo das inclusões, encontra-se condicionado pelas hipóteses fundamentais, que a composição e densidade do fluido nas inclusões não se alteraram desde a formação da inclusão, ou no caso de haver modificação pós-aprisionamento evidências dessa modificação serão observáveis na amostra (Roedder & Skinner, 1968).

É importante, no âmbito destes estudos, ter presente que o estudo petrográfico, mesmo que muito demorado, é imprescindível. Este baseia-se na utilização de esquemas de classificação relativos ao momento de formação da inclusão, em relação à formação do mineral hospedeiro (Roedder, 1984; Goldstein, 2003). Tais esquemas, classificam as inclusões como primárias, secundárias e pseudo-secundárias dependendo do seu momento de formação.

Apesar de muitas vezes complicada, a classificação temporal das inclusões fluidas, ou seja, a correlação de determinado tipo ou geração de inclusões com cada processo genético, é crítico para a interpretação da origem e evolução do mineral hospedeiro (Noronha, 1998).

A maior dificuldade deste estudo, encontra-se no tamanho reduzido que as inclusões fluidas apresentam na generalidade (Noronha, 1998).

5.1. Amostragem e preparação de amostras

A amostragem para um estudo de inclusões fluidas, deverá ser ditado pelos objetivos pretendidos na investigação. No entanto, em qualquer que seja a aplicação do mesmo, é importante tentar obter nas amostras as relações transversais e de sobreposição do material geológico em estudo. Tais amostras, incluem geralmente várias relações transversais, derivadas de preenchimentos de fraturas, fases minerais transversais aos limites dos clastos e à cimentação de relações estratigráficas (Meyers, 1974; Goldstein, 1990 *in* Goldstein, 2003), onde o zonamento químico da fase mineral pode ser correlacionado e comparado com secções estratigráficas específicas, ou eventos geológicos (Goldstein, 2003)

Há estudos, em que a paragénese não é tão importante, pois o objetivo é em relação à distribuição espacial das amostras e portanto, torna-se mais crucial a amostragem do material circundante numa sequência deformada, de forma a realizar uma comparação térmica e identificar as condições de formação de uma falha (Goldstein, 2003).

A amostragem para fins de análises de inclusões fluidas, tem algumas advertências, que são necessárias ter em consideração. Inclusões que foram sujeitas a sobreaquecimento em laboratório, ou em afloramento, geralmente não são apropriadas para estes estudos, pois os processos de aquecimento podem destruir ou reequilibrar as inclusões fluidas. Da mesma forma, processos de ultracongelamento prolongados em afloramento ou laboratório podem também causar alteração nas inclusões aquosas (Goldstein, 2003).

A utilização de secções de corte antigas, são igualmente de evitar, pois estas podem, igualmente, ter sofrido reequilíbrios, aquando da preparação em platina aquecida. É de descartar também a opção de utilização de amostras e secções previamente alteradas com resinas ou ácidos (Goldstein, 2003).

Existe uma grande quantidade de amostras, que devem ser evitadas para além das previamente referidas, tais como, amostras que tenham sido sujeitas a captação de imagens por feixe de eletrões, amostras estudadas com sistema de catodoluminescência (Barker, 1992, *in* Goldstein, 2003), por SEM e microsonda eletrónica e por fim, amostras sujeitas a condições atmosféricas e biológicas adversas, suficientes para provocarem alterações a nível interno das inclusões.

5.2. Análise petrográfica de inclusões fluidas

A análise petrográfica é considerada como a parte mais importante no estudo das inclusões fluidas.

O objetivo mais básico de qualquer estudo de inclusões fluidas, deverá ser a determinação do momento de aprisionamento das mesmas. As inclusões fluidas podem ser aprisionadas durante ou depois do crescimento do mineral, representando por isso diferentes condições de aprisionamento do mineral em questão. No entanto, a maioria das amostras geológicas, consistem num aglomerado de diferentes minerais que se desenvolveram e recrystalizaram em tempos distintos, e cada cristal, pode consistir em várias zonas de crescimento, testemunhando vários eventos de crescimento mineral ao longo do tempo geológico. Quando os minerais são fraturados, deformados ou recrystalizados, é comum acontecer o aprisionamento de fluidos depois da precipitação do mineral (Bodnar, 2003, *in* Goldstein, 2003).

Para que seja possível fazer uma interpretação detalhada da história geológica de um conjunto de amostras, é necessário tentar perceber a sequência de aprisionamento das inclusões fluidas presentes, e assim estabelecer relações transversais e de sobreposição, para a paragénese mineral e para o aprisionamento das inclusões (Bodnar, 2003, *in* Goldstein, 2003).

A petrografia combinada, com a identificação das associações de inclusões fluidas (AIF), constitui a mais importante abordagem para avaliar a existência de modificações significativas, depois do momento de aprisionamento, através de estrangulamento, após mudança de fase (Bodnar, 2003) ou por reequilíbrio térmico (Bodnar, 2003, *in* Goldstein, 2003).

Goldstein (1993, *in* Goldstein, 2003), referiu que abordagens petrográficas simples, são a forma mais fácil para identificar a composição dos fluidos, e que é notável a quantidade de informação que é possível recolher sobre o historial de pressão, temperatura e composição dos fluidos, com apenas um bom microscópio petrográfico.

Devida à significância que a análise petrográfica de inclusões possui sobre quaisquer aplicações, envolvendo estudos de inclusões fluidas, qualquer artigo de investigação, deverá conter uma secção petrográfica, referindo a paragénese global, evidências do momento de aprisionamento das inclusões fluidas, associações de inclusões fluidas, fases observáveis e a sua distribuição (Goldstein, 2003).

Através deste método de investigação, é normalmente possível para os investigadores conseguirem avaliar se há presença suficiente de inclusões fluidas de forma a responder a questões particulares pretendidas na investigação.

5.3. Composição das Inclusões Fluidas

A aparência da margem exterior da inclusão fluida, é controlada pela forma da inclusão e pela diferença no índice de refração entre o mineral e o fluido (Goldstein, 2003). Na maioria, a diferença no índice de refração torna o relevo suficientemente alto, possibilitando a perceção da parede exterior da inclusão (Goldstein, 2003).

Van den Kerkhof & Hein (2001, in Goldstein, 2003), compilaram uma tabela de propriedades óticas das inclusões fluidas, minerais inclusos e fases solidas comuns nas inclusões. As inclusões podem conter mais que um fase no seu interior, ao que se dá o nome de inclusões polifásicas, ou aprisionar apenas uma fase e portanto dá-se o nome de inclusões monofásicas.

As inclusões aquosas podem conter: cristais que se precipitaram durante o arrefecimento, sólidos hidrocarbónicos precipitados a partir de óleo, sólidos aprisionados acidentalmente aquando da formação da inclusão ou podem ser inclusões de melt que contem maioritariamente vidro ou sólidos cristalinos (Goldstein, 2003).

5.4. Classificação de origem das IF

A metodologia de classificação da origem das inclusões fluidas, petrograficamente, foi sumariada por Roedder (1984, in Goldstein, 2003) (Fig.17).

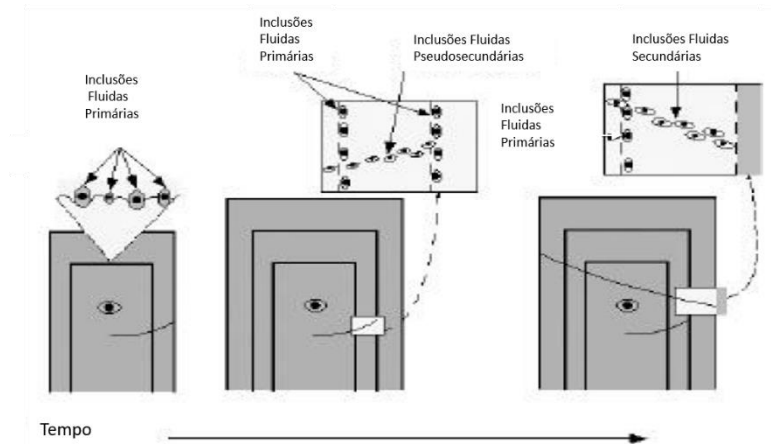


Figura 17- Representação esquemática do momento de aprisionamento das inclusões fluidas (Bodnar, 2003)

A origem das inclusões está proximamente relacionada com os modos de aprisionamento das inclusões fluidas. Os termos utilizados para a origem das inclusões fluidas são: primário, secundária e pseudo-secundária, existindo ainda um termo utilizado quando a determinação da origem da inclusão não é possível, indeterminado (Goldstein, 2003).

Inclusões primárias referem-se a inclusões aprisionadas durante e como resultado do crescimento do mineral hospedeiro (Goldstein, 2003).

As inclusões secundárias, são aprisionadas após o crescimento do mineral estar completo. Quando o mineral é deformado ou fraturado, estas deformações atravessam os zonamentos de crescimento e cicatrizam aprisionando inclusões. A implicação desta cicatrização acontece por processos que não requerem introdução de novos íões para preencher as microfraturas, contudo implica que os íões sejam redistribuídos a partir da superfície da fratura que se desenvolveu e re-precipitou para atingir um estado superficial de energia livre mais baixa (Goldstein, 2003).

Inclusões pseudosecundárias acontecem previamente ao crescimento completo do mineral, mas não necessariamente como resultado direto do seu crescimento, sendo similares às inclusões secundárias, na medida que são aprisionados ao longo de microfraturas, ou outras deformações, porém o seu aprisionamento é seguido pelo crescimento adicional do cristal (Roedder, 1984 in Goldstein, 2003).

Esta classificação de origem das inclusões fluidas não implica se houve estrangulamento das inclusões, re-preenchimento ou reequilíbrios. Reequilíbrios, processos de alteração de composição ou densidade do fluido no vacúolo devem ser considerados em separado (Goldstein, 2003).

5.5. Microtermometria

Um dos métodos não destrutivos mais utilizados em estudos de inclusões fluidas, com o objetivo de caracterizar os fluidos contidos nas inclusões, é o estudo microtermométrico. Com a utilização deste método, é possível e desejável a realização de várias análises para uma melhor exatidão na interpretação dos dados.

Esta técnica analítica consiste em efetuar medições, ao microscópio, das temperaturas em que se observam mudanças no número ou estado das fases fluidas quando se alteram as condições de temperatura. Portanto, associado ao microscópio, existe uma sobreplatina, que pode trabalhar num intervalo de temperaturas de -180°C a 600°C. O valor das temperaturas, é medido através de um termopar da platina ligado a um voltímetro. De entre as temperaturas que podem ser registadas, têm especial importância as temperaturas de fusão e as temperaturas de homogeneização.

Inicialmente, é realizado o arrefecimento da amostra, verificando-se a solidificação das fases presentes e posteriormente é efetuado um aquecimento gradual até à temperatura ambiente, passando pelas temperaturas que marcam a passagem da fase sólida para líquida, dando-se o nome de temperatura de fusão, e registando as mesmas (Hollister, 1981; Noronha, 1998).

Temperaturas do ponto eutético (T_e), temperatura de fusão da hidrohalite (T_{mH}), temperatura de fusão do gelo (T_{mI}) e temperatura de homogeneização global (T_h) são tidas em consideração na realização da presente análise. Temperaturas de fusão (T_m) podem ser utilizadas de forma a investigar a composição do fluido. Já as temperaturas de homogeneização global (T_h) designam aquelas para as quais distintas fases presentes na inclusão se homogeneízam numa única fase (Noronha, 1998).

A temperatura do ponto eutético (T_e) caracteriza a composição dos diferentes sistemas aquosalinos. Estes permite determinar a natureza dos sais predominantes da fase aquosa (Crawford, 1981; Shepherd *et al.* 1985)

Os dados adquiridos nesta análise possibilitam o cálculo da salinidade, que se expressa por “% equivalente em peso de NaCl” (Noronha, 1998).

Noronha (1998), refere a importância de ter em conta, no estudo das inclusões fluidas, o conceito de evolução em isocora. Um fluido, com uma certa composição, possui determinada densidade para uma dada temperatura e pressão. No caso desse fluido ser aprisionado numa inclusão estanque, o seu volume e massa permanecerão sempre constantes, acontecendo o mesmo à sua densidade. “Se o fluido permanecer homogéneo, qualquer evolução posterior ao seu aprisionamento far-se-á com densidade constante, num plano Pressão-Temperatura (PT) do diagrama PVT (pressão, volume específico, temperatura) e ao longo de uma linha, a isocora”.

Segundo o mesmo autor, o valor da temperatura de homogeneização global (T_h) representa a temperatura a partir da qual, o sistema evolui em isocora. “Antes da homogeneização, o ponto representativo do fluido, está na curva de equilíbrio das duas fases, que começa no ponto triplo e termina no ponto crítico. A T_h ocorre na interseção daquela curva, com a isocora correspondente à densidade do fluido. As condições termobarométricas de aprisionamento do fluido (temperatura de aprisionamento- T_a , pressão de aprisionamento- P_a) estão situadas num ponto desconhecido da isocora”. A temperatura de homogeneização corresponde à temperatura mínima de aprisionamento. Isto é, uma vez medido este valor, a temperatura de aprisionamento será igual a $T_h + dT$, onde dT é a correção da temperatura devido à pressão que existia no momento de aprisionamento. O cálculo da dT pode ser feito se se conhecer um ou outro dos valores de aprisionamento deduzidos a partir de critérios petrográficos, físico-químicos ou geológicos (Noronha, 1998).

6. Estudo Microtermométrico

Para a realização do presente trabalho, foi efetuado um estudo microtermométrico de uma lâmina espessa polida em ambas as faces de fluorite recolhida na mina Juanita. No entanto, antes do início do estudo de microtermometria, foi realizada uma análise petrográfica de forma a identificar as melhores zonas da lâmina em termos de quantidade/qualidade de inclusões fluidas, com o intuito de proceder à classificação descritiva e genética das inclusões fluidas. A classificação descritiva é baseada em parâmetros visuais tais como: tamanho e forma das inclusões, número de fases presentes à temperatura ambiente e a relação volúmica das fases (Flw), enquanto que a classificação genética se foca nas relações texturais entre as inclusões e o mineral hospedeiro. Para que ambas as classificações fossem realizadas, foram utilizadas objetivas de 10x e 20x num microscópio petrográfico de luz transmitida. Posteriormente fragmentou-se a lâmina em pequenos pedaços para dar início ao estudo microtermométrico (Fig.18) na platina de arrefecimento e posteriormente de aquecimento.

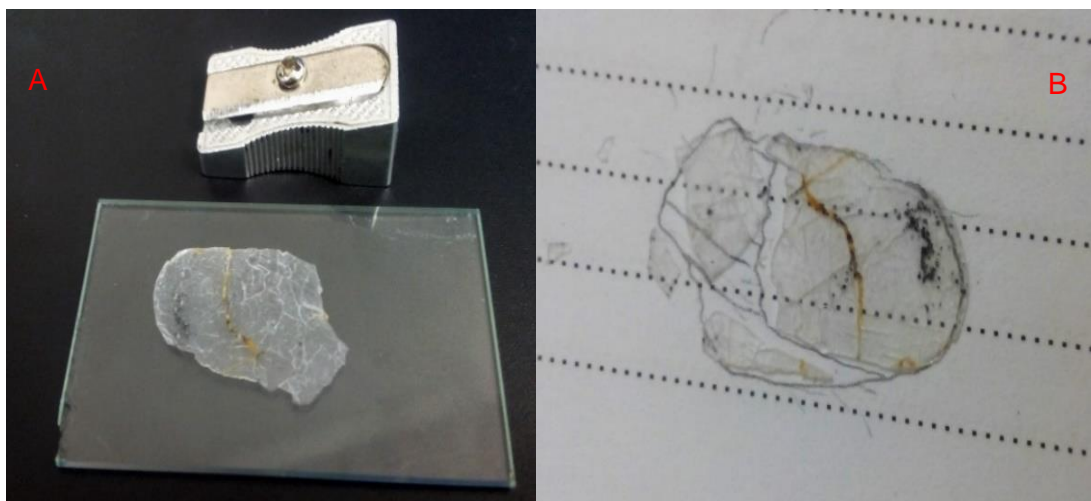


Figura 18 – A: Lâmina espessa polida de fluorite. B: Lâmina espessa de fluorite dividida em pequenos fragmentos para o estudo microtermométrico.

Na realização deste estudo foi utilizado o Microscópio ótico Nikon Labophot-2 Pol de luz transmitida com uma objetiva de 50x, oculares de 10x e equipado com uma platina Linkham THSM-600 (Fig.19) (Shepherd *et al.* 1985). Esta foi inicialmente calibrada utilizando uma amostra padrão de quartzo sintético com inclusões de H₂O pura (T_m=0°C).

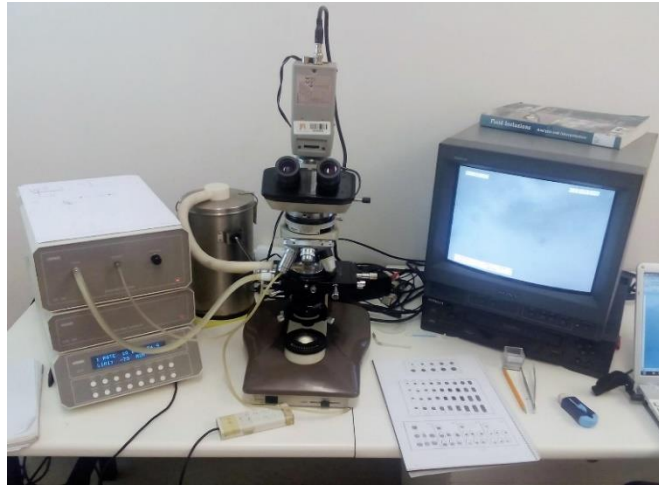


Figura 19 - Microscópio petrográfico Nikon Labophot-2 Pol de luz transmitida equipado com platina Linkham THSM-600.

De seguida foi, iniciado o estudo microtermométrico, onde se pretendeu determinar os valores da temperatura do ponto eutético (T_e) (*first melting*), temperatura de fusão da hidrohálite (T_{mH}), temperatura de fusão do gelo (T_{mI}) durante os ensaios de criometria e o valor da temperatura de homogeneização global (T_h) por termometria.

A microtermometria começa com a criometria usando azoto líquido, de forma a conseguir atingir valores de -170°C , seguindo-se de um aquecimento gradual até à temperatura ambiente, onde se registam as temperaturas das mudanças de fases observadas nas inclusões fluidas. No auxílio desta tarefa, foram utilizadas rampas de aquecimento, que controlavam a velocidade de aquecimento da amostra na platina. A rampa utilizada encontra-se descrita na tabela 1.

Tabela 1 - Rampa de aquecimento utilizada na criometria para a visualização das mudanças de fase nas inclusões fluidas.

Temperaturas	Velocidade de aquecimento
-170°C até -70°C	$10^\circ\text{C}/\text{min}$
Pausa de 1 minuto	
-70°C até -50°C	$5^\circ\text{C}/\text{min}$
Pausa de 1 minuto	
-50°C até -35°C	$10^\circ\text{C}/\text{min}$
Pausa de 1 minuto	
-35°C até -15°C	$1^\circ\text{C}/\text{min}$
Pausa de 1 minuto	
-15°C até 0°C	$5^\circ\text{C}/\text{min}$

6.1. Resultados

Após a execução de 67 medidas microtermométricas em inclusões fluidas na lâmina espessa de fluorite, foram obtidos os dados compilados na tabela2.

Tabela 2 - Dados recolhidos nas 67 medições efetuadas em microtermometria.

IF	Classificação	Flw (%)	Tamanho (µm)	Te (°C)	TmH (°C)	Tml (°C)	Th (°C)
1	Primária	0.95	12	-70	-31,8	-23,4	84,9
2	Primária	0.95	15	-	-	-23,4	80,1
3	Primária	0.80	8	-	-	-17,6	-
4	pseudosecundária	0.95	6	-74	-	-	78,5
5	pseudosecundária	0.95	7	-72,4	-22	-17	89
6	pseudosecundária	0.95	5	-71,1	-	-	79
7	Primária	0.95	20	-69,2	-23,3	-22,2	117,4
8	pseudosecundária	0.85	5	-72,2	-25,5	-22,7	95,6
9	pseudosecundária	0.85	3	-72,2	-25,5	-22,2	91,1
10	pseudosecundária	0.85	8	-73,1	-26,3	-24,5	113,3
11	pseudosecundária	0.85	8	-72,9	-23,5	-16,6	131,7
12	pseudosecundária	0.95	5	-71,7	-	-24,9	90
13	pseudosecundária	0.95	4	-71,7	-	-25,1	85,4
14	pseudosecundária	0.90	3	-71,7	-	-25,1	75,7
15	pseudosecundária	0.85	12.5	-70	-3	4	-
16	pseudosecundária	0.95	3.5	-72,2	-23,2	-23,2	72,2
17	pseudosecundária	0.90	4.5	-72,5	-	-21,9	88,9
18	pseudosecundária	0.95	10	-71,5	-25,5	-22,2	118
19	pseudosecundária	0.80	4	-72	-25,9	-22,4	116,4
20	pseudosecundária	0.85	3.5	-72,2	-25,9	-24,9	87,9
21	pseudosecundária	0.85	6	-82	-28,3	-18	125,5
22	pseudosecundária	0.95	12	-70,6	-21,2	-18,6	125
23	pseudosecundária	0.75	14	-88,5	-24,7	-17,3	149
24	pseudosecundária	0.80	24	-88,5	-19	-16,6	159
25	pseudosecundária	0.90	6	-88,5	-21,3	-17,3	159
26	pseudosecundária	0.90	12.5	-71,6	-26	-25,3	99,7
27	pseudosecundária	0.75	10	-71,6	-23,1	-20,5	113,7
28	Primária	0.95	9	-77	-26	-24,9	93,9

29	Primária	0.95	4.5	-75,2	-23	-23	87,8
30	Primária	0.95	4	-75,2	-23,8	-23,8	89,3
31	Primária	0.95	4.5	-75,2	-23	-22,8	94,2
32	Primária	0.95	6	-77	-24,1	-24,1	78,6
33	pseudosecundária	0.90	7	-	-	-	122,5
34	pseudosecundária	0.90	10	-68,1	-20,2	-17,8	96,9
35	pseudosecundária	0.95	4	-80,9	-28,3	-18,6	88
36	Primária	0.95	6	-70,2	-	-26	101,4
37	Primária	0.85	7	-66,1	-23,2	-18,6	92
38	Primária	0.70	20	-70,4	-27,8	-24	111,6
39	Primária	0.70	7	-88,2	-27,4	-25,5	124,6
40	Primária	0.70	10	-67,9	-18,8	-16,9	152,6
41	Primária	0.70	8	-57,8	-22,4	-17,4	-
42	Primária	0.90	19	-69,4	-5,7	-1,4	148,2
43	Primária	0.90	14	-70,2	-26,2	-26	99,3
44	Primária	0.80	3	-73,2	-27,1	-26,5	109
45	Primária	0.90	7	-68,2	-	-25,3	117,8
46	Primária	0.85	4	-67,9	-26,2	-25	98,1
47	Primária	0.95	3.5	-78,3	-28,2	-23,3	89,5
48	Primária	0.95	3	-67,8	-	-26,2	92,7
49	Primária	0.60	10	-88,7	-25	-15,9	-
50	Primária	0.90	5	-73,9	-31,8	-26,6	121,8
51	Primária	0.90	3	-75,5	-27,1	-27,1	86
52	Primária	0.90	7	-67,6	-25,5	-24,6	118
53	Primária	0.90	15	-66,8	-25,7	-24,6	129
54	Primária	0.90	4	-73,7	-25,5	-24,7	111,4
55	Primária	0.90	6.5	-75,2	-25	-24,4	116,4
56	Primária	0.90	3	-73,7	-27,5	-24,7	104
57	pseudosecundária	0.85	7	-72,8	-27,5	-27,2	99,6
58	pseudosecundária	0.95	3	-75,2	-28	-25,8	79
59	Primária	0.85	8	-68,1	-26,5	-25,5	119,8
60	Primária	0.80	8	-134,2	-20	-17,9	124,5
61	Primária	0.90	10	-64,8	-26,3	-17,9	117
62	Primária	0.85	10	-69	-	-17	132,3
63	Primária	0.90	12	-68	-	-17	133,5

64	Primária	0.95	12	-70,2	-23,7	-14,6	92,1
65	Primária	0.90	6	-69,5	-23,1	-16,1	86
66	Primária	0.90	8	-65,4	-	-25,7	72
67	Primária	0.90	8	-	-	-17,8	73,2

Flw- relação volúmica das fases presentes (volume líquido/ volume total); Te- Temperatura do ponto eutético; TmH- temperatura de fusão da hidrohalite; TmI- temperatura de fusão do gelo; Th- temperatura de homogeneização global.

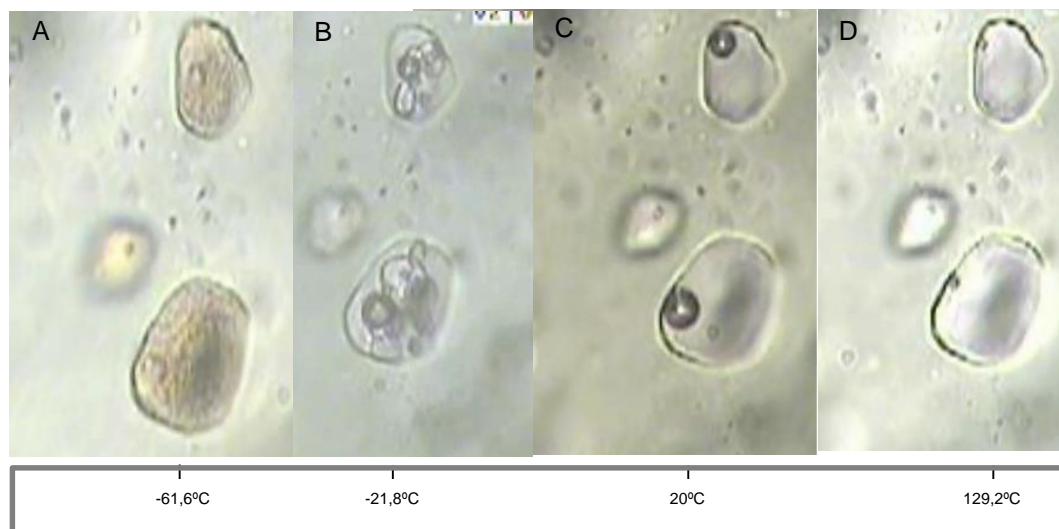


Figura 20 – Aspeto das inclusões fluidas observadas ao microscópio ótico de luz transmitida. A: IF a temperaturas negativas próximas do ponto eutético; B: IF a temperaturas próximas do ponto de fusão do gelo; C: IF à temperatura ambiente; D: IF a temperaturas próximas da homogeneização.

O aspeto de algumas inclusões fluidas à temperatura ambiente, a temperaturas próximas da homogeneização em líquido (Th-L), a temperaturas próximas do ponto eutético e a temperaturas próximas do ponto de fusão do gelo, estão representados na figura 20.

Devido aos valores anómalos de algumas medições, essas foram desprezadas, aquando da realização dos gráficos e cálculos.

A utilização dos dados das temperaturas recolhidas com a realização do estudo microtermométrico permitiu construir histogramas e gráficos para a análise dos dados. No histograma referente às temperaturas de fusão do gelo (TmI) (Fig.21), é possível verificar uma distribuição bimodal, com picos nos -24°C e nos -17°C, e o mesmo se verifica no histograma das temperaturas de fusão de hidrohalite (Fig. 22), onde os picos

principais representam as temperaturas de -25°C e -23°C , que antecede o processo de fusão do gelo devido ao seu ponto de fusão mais baixo.

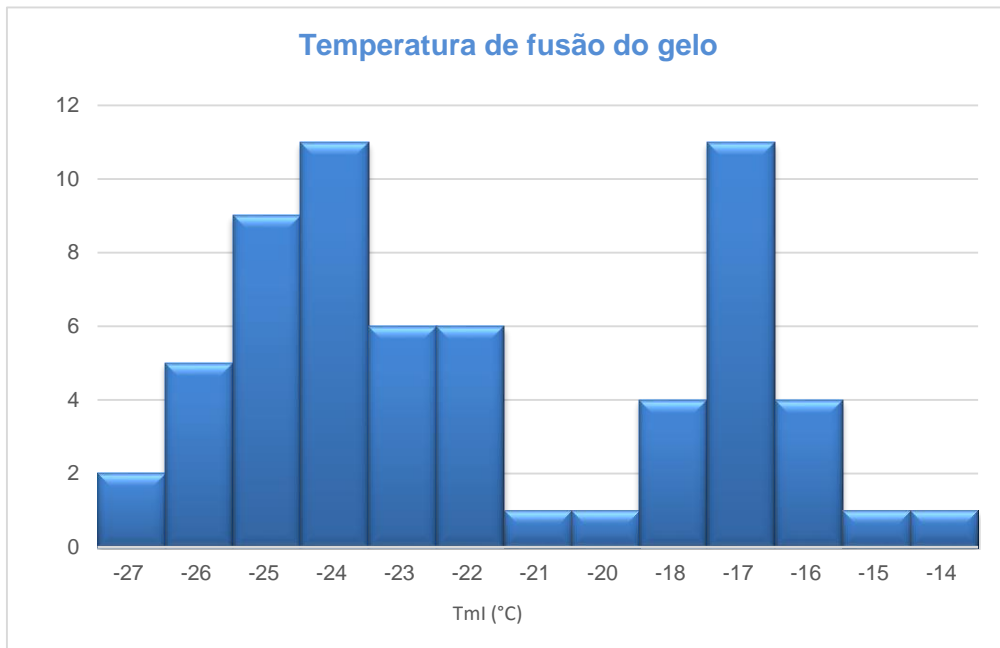


Figura 21 – Histograma de distribuição das temperaturas de fusão do gelo observadas em microtermometria de inclusões fluidas presentes na fluorite da mina Juanita.

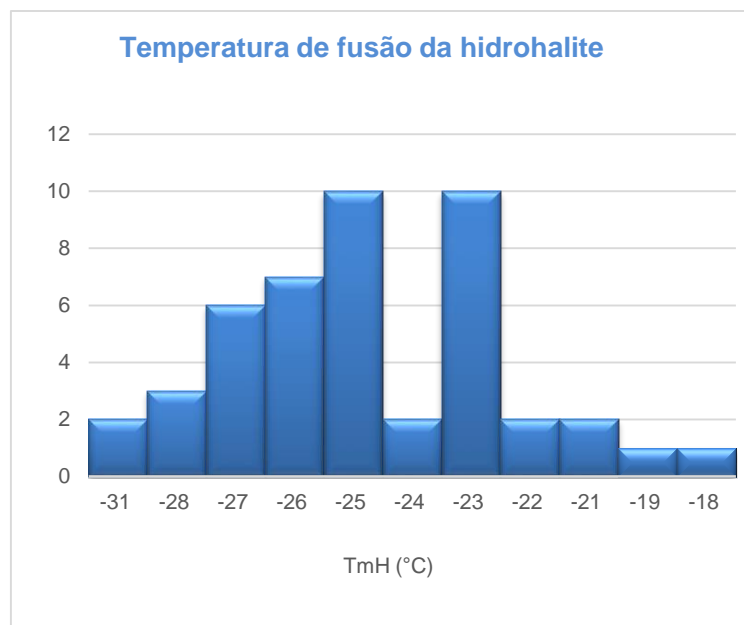


Figura 22 - Histograma das temperaturas de fusão de hidrohalite observadas em microtermometria de inclusões fluidas em fluorite da mina Juanita.

Como podemos observar no gráfico da figura 23, relativo à temperatura de homogeneização global, é igualmente possível observar uma distribuição bimodal, com

os picos de frequência principais em temperaturas entre os 90-100°C e as temperaturas entre 110-120°C.

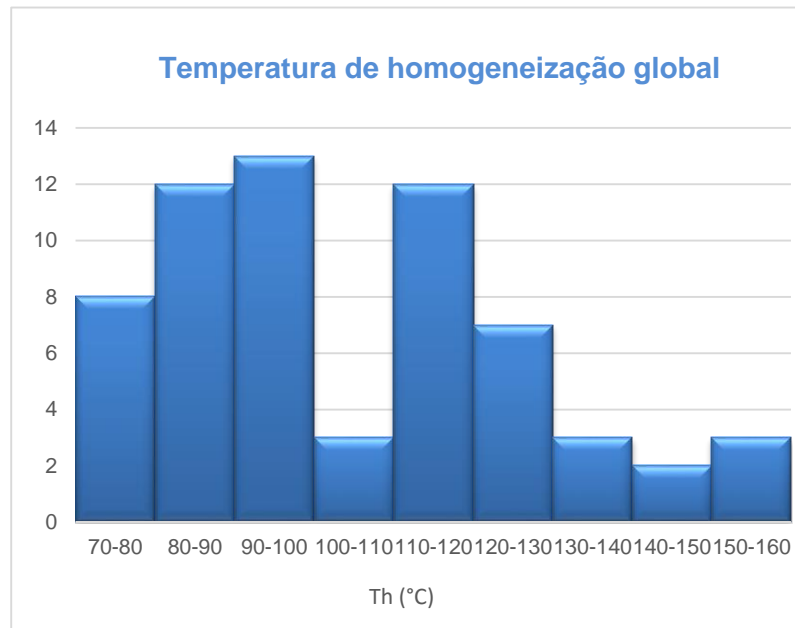


Figura 23 – Histograma de distribuição de temperatura de homogeneização global observadas em microtermometria de inclusões fluidas em fluorite da mina Juanita.

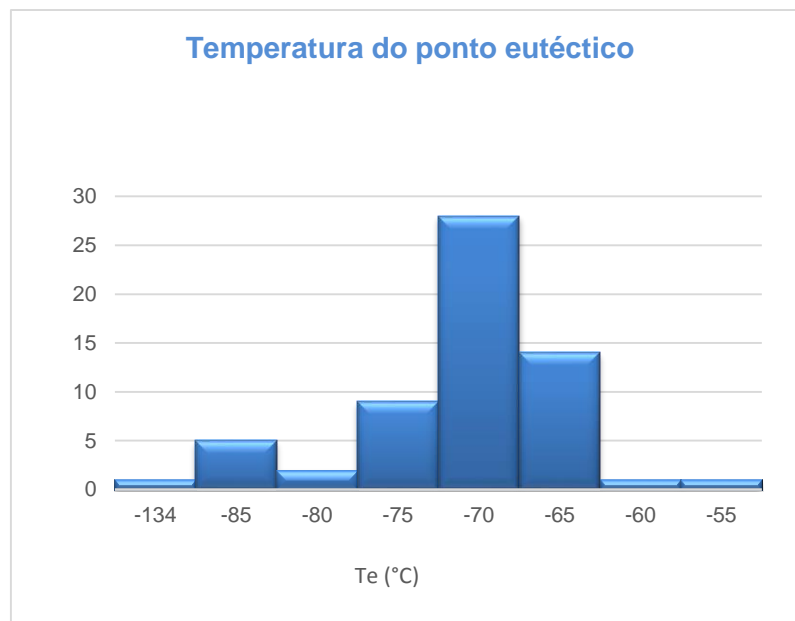


Figura 24 - Histograma das temperaturas do ponto eutético recolhidas em microtermometria de inclusões fluidas.

O histograma, representativo dos dados recolhidos sobre o ponto eutético, (Fig.24) mostram a predominância de temperaturas que rondam os -70°C o que indica a presença de um fluido polissalino complexo.

No gráfico de dispersão (Fig.25), onde é possível identificar dois agrupamentos de valores, parece indicar a presença de dois fluidos na amostra de fluorite estudada. O primeiro fluido (Lw1) com temperaturas de fusão do gelo (T_{ml}) entre -28°C e -22°C e temperaturas de homogeneização global (Th) entre 72°C e 129°C em fase líquida, enquanto que o segundo fluido (Lw2) apresenta uma salinidade um pouco mais baixa, com temperatura de fusão do gelo entre -21°C e -14°C e temperaturas de homogeneização global (Th) entre os 73°C e os 134°C em fase líquida.

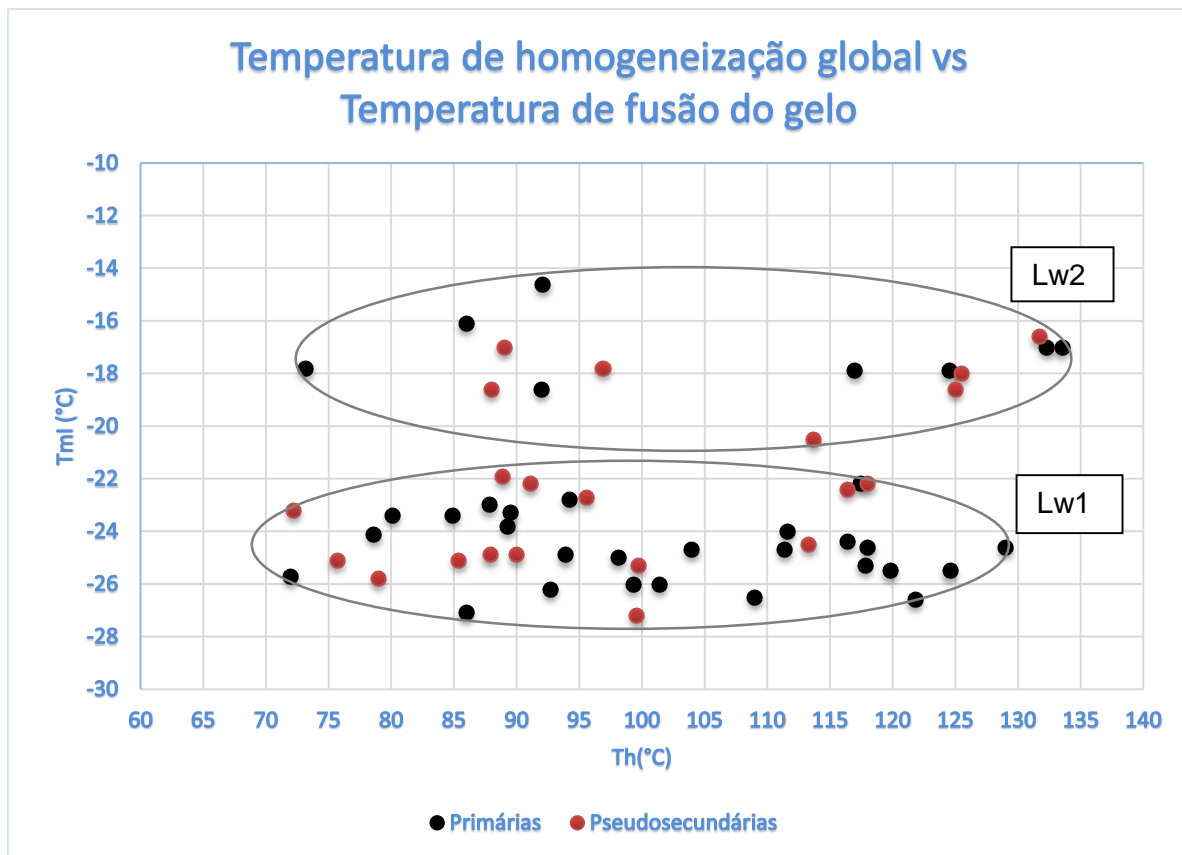


Figura 25 - Temperatura de homogeneização global (Th) vs Temperatura de fusão do gelo (T_{ml}) em inclusões fluidas presentes em fluorite da mina Juanita.

Através dos valores das temperaturas de fusão da hidrohalite (T_{mH}) e da fusão de gelo (T_{ml}) foi possível com a utilização do *Software Package Fluids*, v2 – AqSo Vir de forma a calcular as salinidades das inclusões fluidas. Terminado esse cálculo, procedeu-se á utilização do *software BULK* para conhecer a composição global e posteriormente ao Software ISOC para recolher os dados necessários para a construção do diagrama de isócoras (Bakker, 2003)

No diagrama P-T (Fig. 26) apresentam-se as isócoras obtidas, o campo das temperaturas de homogeneização mínimas do presente estudo ($T_h \sim 72^\circ\text{C}$) bem como o campo de temperaturas definido por Cardellach *et al.* (1990) entre 75 e 200°C . O barómetro fica neste caso definido entre aproximadamente 70 e 210 MPa.

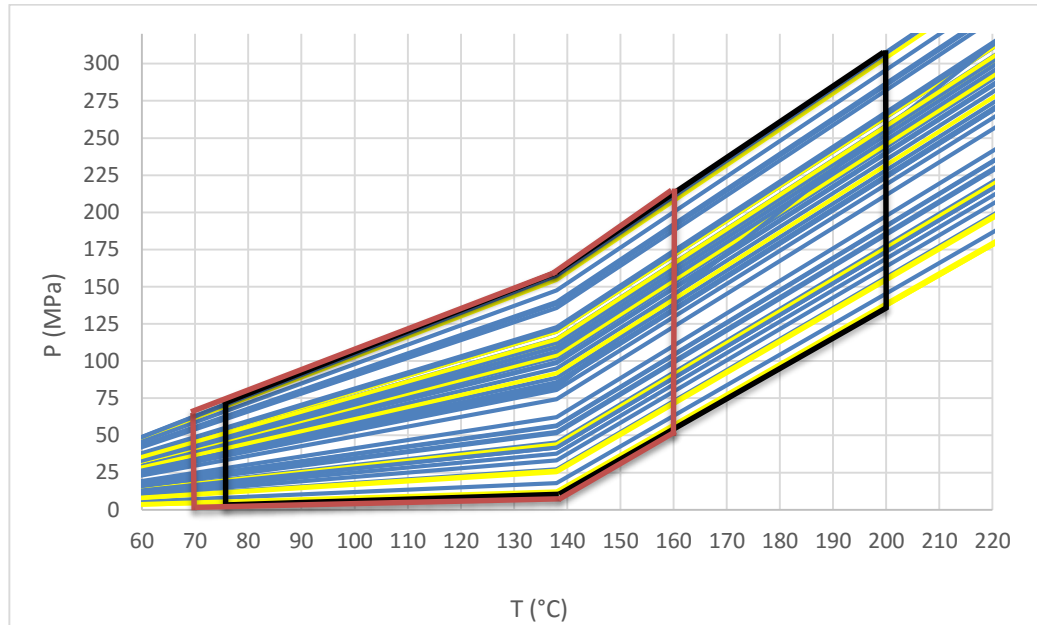


Figura 26 - Diagrama de isócoras. — Campo de temperaturas definido por Cardellach *et al.* (1990);
 — Campo de temperaturas da amostra de fluorite estudada.

7. Discussão

A combinação dos dados de inclusões fluidas obtidos no presente estudo, mostram a presença de dois fluidos intervenientes na formação de fluorite proveniente do depósito filoniano de Ba-F-Zn-Pb da mina Juanita. Tais fluidos, diferem especialmente no que se refere à temperatura de fusão do gelo, o que indica salinidade um pouco distinta. O Fluido I (Lw1) apresenta T_{ml} entre -28 e -22°C, enquanto que o Fluido II (Lw2) apresenta T_{ml} entre -21 e -14°C.

Devido à inexistência de outros estudos complementares nas mineralizações da mina Juanita, apenas nos é possível fazer comparações e suposições através da bibliografia existente.

Estudos levados a cabo por Canals & Cardellach (1996) utilizando a microtermometria das inclusões fluidas em quartzo de primeira geração (I), e fluorite de primeira (I) e segunda geração (II) dos filões mineralizados da mina Berta, permitiram observar que todas as inclusões presentes eram bifásicas (L+V), à temperatura ambiente, e homogeneizavam em líquido. As temperaturas de homogeneização (Th) e temperatura de fusão do gelo (T_{ml}) obtidas permitiram aos autores diferenciar três tipos de fluidos:

a) Fluido I presente no quartzo I. É de relativamente alta temperatura (Th~200°C) e baixa salinidade (T_{ml} entre -4 e 0°C), com temperaturas eutécticas superiores a -25°C que indicam um sistema salino simples formado por NaCl-H₂O.

b) Fluido II presente na fluorite I. É de baixa temperatura (Th~100°C) e alta salinidade (T_{ml} entre -22 e -16°C), com temperaturas eutécticas de cerca de -60°C, indicando a presença de um sistema polissalino complexo composto por CaCl₂-MgCl₂-NaCl-(KCl)-H₂O.

c) Fluido III presente na fluorite II como também inclusões secundárias em quartzo I e fluorite I. É de baixa temperatura (Th~120°C) e baixa salinidade (T_{ml}) entre os -3 e 0°C. As temperaturas do ponto eutéctico são superiores a -25°C, indicando um sistema salino simples NaCl-H₂O.

De acordo com Cardellach *et al.* (2002), a precipitação dos principais minerais (fluorite I, sulfuretos e barite I) na mina Berta, dá-se numa mistura de salmouras polissalinas (salinidade de cerca de 23% eq. em peso de NaCl) e de um fluido mais

diluído, a temperaturas entre os 80 e os 150°C. Estes fluidos, de alta salinidade, são muito similares àqueles encontrados noutros filões de Ba-F-Zn-Pb das Cordilheiras Costeiras Catalãs (Cardellach *et al.*, 1990) ou do soco Hercínico da Europa Central e Ocidental (Jebrak, 1984; Von Gehlen, 1987; Meyer *et al.*, 2000; Tornos *et al.*, 2000; Zák *et al.*, 1991). Nos locais referidos, houve um envolvimento provável de circulação, a grandes profundidades, dos fluidos salinos através de fraturas no soco Hercínico.

Os valores recolhidos e tratados da mina Juanita mostram uma afinidade com o fluido I encontrado na fluorite I do jazigo da mina Berta. Tendo em conta que esses valores apresentam similaridades com os dados recolhidos nos restantes filões mineralizados das Cordilheiras Costeiras Catalãs e do soco Hercínico da Europa Central e Ocidental, é provável que neste local as mineralizações terão igualmente o envolvimento de circulação de fluidos salinos a grandes profundidades através de fraturas no soco Hercínico.

8. Referências Bibliográficas

- Alfás, G., Inglés, M., Liesa, M., & Rosell, L. (2008). *Guia de geologia de Collserola: amb itineraris*. Barcelona: Consorci Parc de Collserola.
- Anadón, P., Colombo, F., Esteban, M., Marzo, M., Robles, M., Santanach, P., & Solé-Sugrañes, L. (1979). *Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides*. 242-270: Acta Geol. Hisp. 14.
- Bakker, R.J. (2003). Packaged FLUIDS I. Computer programs for analysis of fluid inclusions data and for modeling bulk fluid properties. *Chem. Geo.* 194, 3-23.
- Barker, C. E. (1992). *Sample Temperatures Reached During Cathodoluminescence Observations: Preliminary Measurements Using Reequilibration Fluid Inclusions*. Soc. Luminescent Microscopy & Spectroscopy Newsletter.
- Bodnar, R. J. (2003). Introductions to fluid inclusions. Em I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, *Fluid Inclusions: Analysis and interpretation* (pp. 1-8). Mineral. Assoc. Canada.
- Bodnar, R. J. (2003). Re-equilibration of fluid inclusions. Em I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, *Fluid Inclusions: Analysis and interpretation* (pp. 213-230). Mineral. Assoc. of Canada.
- Calvet, F., Travé, A., Roca, A., Soler, A., & Labaume, P. (1996). Fracturación y migración de fluidos durante la evolución tectónica neógena en el Sector Central de las Cadenas Costero Catalanas. *Geogaceta* 20, 1715–1718.
- Canals, A. C. & Cardellach, E. (1993). Strontium and sulphur isotope geochemistry of low temperature barite – fluorite veins of the Catalanian Coastal Ranges (NE Spain): a fluid mixing model and age constraints. *Chem. Geol. Isot. Geosci. Sect.* 104, 269-280.
- Canals, A., & Cardellach, E. (1996). Caracterización de fluidos en las sucesivas fases de fracturación en las Cadenas Costero Catalanas y su registro en los filones de Ba-F de baja temperatura. *Geogaceta*, 20, 696-699.
- Canals, A., Cardellach, E., Rye, D., & Ayora, C. (1992). Origin of the Atrevida vein (Catalonian Coastal Ranges, Spain): mineralogic, fluid inclusion and stable isotope study. *Economic Geol.* 87, 142-153.
- Cardellach, E., Canals, A., & Grandia, F. (2002). Recurrent hydrothermal activity induced by successive extensional episodes: the case of the Berta F-(Pb-Zn) vein system (NE Spain). *Ore Geology Review*(22), 133-141.
- Cardellach, E., Canals, A., & Tritlla, J. (1990). Late and post-Hercynian veins in the Catalanian Coastal Ranges. *Acta Geol. Hisp* 25 (1– 2), 75–81.

- Cloetingh, S., Burov, E., Beekman, F., Andeweg, B., Andriessen, P., García-Castellanos, D., Vicent, G., Vegas, R. (2002). Lithospheric folding in Iberia. *Tectonics* 21, 1-26.
- Crawford, M.L. (1981). Phase equilibria in aqueous fluid inclusions in L.S Hollister & M.L. Crawford (eds). Short course in fluid inclusions: Applications to petrology, vol.6. *Mineralogical Association of Canada*, 75-100.
- Fernández, M., Marzán, I., Correia, A., & Ramalho, E. (1998). Heat flow, heat production, and lithospheric thermal regime in the Iberian Peninsula. *Tectonophysics*, 29-53.
- Fernández, M., Torné, M., & Zeyen, H. (1990). Modelling of thermal anomalies in the NW border of the Valencia Trough by groundwater convection. *Geophys. Res. Lett.* 17, 105-108.
- Guerrero, E. G. (2014). *Mineralització i Cartografia dels Filons Ba-F-Pb-Zn de la Mina Juanita (Serra de Collserola, Barcelona): Interpretació del Jaciment dins el Sistema Varisc Europeu*. Barcelona : Universitat Autònoma de Barcelona.
- Goldstein, R. (1990). Petrographic and geochemical evidence for origin of paleospeleothems, New Mexico: Implications for the application of fluid inclusions to studies of diagenesis. *Journal of Sedimentary Petrology*, 60, 282-292.
- Goldstein, R. (1993). Fluid inclusions as microfabrics: a petrographic method to determine diagenetic history. Em R. Rezac, & D. Lavoie, *Carbonate Microfabrics* (pp. 279-290). New York: Springer-Verlag.
- Goldstein, R. (2003). Petrographic analysis of fluid inclusions. Em I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, *Fluid Inclusions: Analysis and interpretation* (pp. 9-53). Mineral. Assoc. Canada.
- Hollister, L., Crawford, M., Roedder, E., Burruss, R., Spooner, E., & Touret, J. (1981). Practical Aspects of Microthermometry. Em H. L.S., & M. Crawford, *Fluid Inclusions: Applications to Petrology* (pp. 278-304). Mineralogical Association of Canada.
- Jebrak, M. (1984). *Contribution à l'histoire naturelle des filons (F –Ba) du domaine varisque français-marroccain. Essai de caractérisation structurale et géochimie des filons en extension et en décrochement*. Doc.-BRGM 99.
- Juez-Larré, J., & Andriessen, P. (2006). Tectonothermal evolution of the northeastern margin of Iberia since the break-up of Pangea to present, revealed by low-temperature fission-track and (U–Th)/He thermochronology. A case history of the Catalan Coastal Ranges. *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 159-180.
- Julivert, M., & Durán, H. (1990). *Paleozoic stratigraphy of the Central and Northern part of the Catalan Coastal Ranges (NE Spain)*. 3-12: Acta Geol. Hisp. 25.

- López-Blanco, M., Marzo, M., Burbank, D., Vergés, J., Roca, E., Anadón, P., & Piña, J. (2000). Tectonic and climatic controls on the development of foreland fan deltas: Montserrat and Sant Llorenç del Munt systems (Middle Eocene, Ebro Basin, NE Spain). *Sediment. Geol.* 138, 17-39.
- López-Gómez, J., Arche, A., Marzo, M., & Durand, M. (2005). Stratigraphical and palaeogeographical significance of the continental sedimentary transition across the Permian–Triassic boundary in Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 229, 3-23.
- Losantos, M., Aragonès, E., Berástegui, X., Palau, J., & C. Puigdefàbregas. (1989). *Mapa geològic de Catalunya*. Barcelona : Servei geològic de Catalunya.
- Meyer, M., Brockamp, O., Clauer, N., Renk, A., & Luther, M. (2000). Further evidence for a Jurassic mineralizing event in central Europe: K – Ar dating of hydrothermal alteration and fluid inclusion systematics in wall rocks of the Käfersteige fluorite vein deposit in the northern Black Forest, Germany. *Mineralium deposita*(35), 754-761.
- Meyers, W. (1974). Carbonate cement stratigraphy for the Mississippian Lake Valley Formation, Sacramento Mountains, New Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 1078-1088.
- Mitjavila, J., & Martí, J. (1986). El volcanismo Triásico del sur de Catalunya. *Rev. Invest. Geol.* 42/43, 89-103.
- Noronha, F. (1998). O Estudo das Inclusões Fluidas. *GEOlogos*, 3, 3-8.
- Roca, E., Sans, M., Cabrera, L., & Marzo, M. (1999). Oligocene to Middle Miocene evolution of the central Catalan Margin (northwestern Mediterranean). *Tectonophysics* 315, 209-233.
- Roedder, E. (1984). Fluid Inclusions. *Reviews in Mineralogy*, 12, 644. Mineralogical Society of America.
- Roedder, E., & Skinner, B. (1968). Experimental evidence that fluid inclusions do not leak. *Economic Geology*, 63, 336-343.
- Roest, W., & Srivastava, S. (1991). Kinematics of the plate boundaries between Eurasia, Iberia, and Africa in the North Atlantic from the Late Cretaceous to the present. *Geology* 19, 613-616.
- Salas, R., & Casas, A. (1993). Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy and crustal evolution during the Alpine cycle of the eastern Iberian basin. *Tectonophysics* 228, 33-55.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A., & Alonso, A. (2001). Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian chain). Em P. Ziegler, W. Cavazza, A. Robertson, & S. Crasquin-Soleau,

Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins (Vol. 186, pp. 145-185). Paris: Mém. Mus. Natn. Hist. Nat.

Shepherd, T, Rankin, A.H., Alderton, D.H.M (1985). A practical guide to fluid inclusion studies, *Blackie & Son Ltd.*, 239pp.

Srivastava, S., Roest, W., Kovacs, L., Oakey, G., Lévesque, S., Verhoef, J., & Macnab, R. (1990). Motion of Iberia since the Late Jurassic: results from detailed aeromagnetic measurements in the Newfoundland Basin. *Tectonophysics* 184, 229-260.

Taberner, C., Dinarès-Turell, J., Giménez, J., & Docherty, C. (1999). Basin infill architecture and evolution from magnetostratigraphic cross-basin correlations In the southeastern Pyrenean foreland basin. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 111 (8), 1155–1174.

Tornos, F., Delgado, A., Casquet, C., & Galindo, C. (2000). 300 Million years of episodic hydrothermal activity: stable isotope evidence from hydrothermal rocks of the Eastern Iberian Central System. *Mineralium Deposita*(35), 551-569.

Travé, A., & Calvet, F. (2001). Synrift geofluids in fractures related to the early-middle Miocene evolution of the Vallès-Penedès halfgraben (NE Spain). *Tectonophysics* 336, 101– 120.

Van den Kerkhof, A., & Hein, U. (2001). Fluid inclusion petrography. *Lithos*(55), 27-47.

Von Gehlen, K. (1987). Formation of Pb – Zn – F – Ba mineralization in SW Germany: a status report. *Fortschr. Mineral.*(65), 87-115.

Walther, J., & Orville, P. (1982). Volatile production and transport in regional metamorphism. . *Contrib. Mineral. Petrol.* 79, 252– 257.

Zák, K., Dobes, P., & Sztacho, P. (1991). Variscan and late-Variscan vein mineralization types of the Czech part of the Bohemian Massif: a genetic model. In M. Pagel, & J. Leroy, *Source, Transport and Deposition of Metals*. (pp. 235-238). Balkema, Rotterdam.

Ziegler, P., Cloetingh, S., Guiraud, R., & Stampfli, G. (2001). Peri-Tethyan platforms: constraints on dynamics of rifting and basin inversion. Em P. Ziegler, W. Cavazza, A. Robertson, & S. Crasquin-Soleau, *Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/ Wrench Basins and Passive Margins* (Vol. 186, pp. 9-49). Paris: Mémoires Du Muséum National D'histoire Naturelle.